

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL PLAGUICIDA ÓRGANO FOSFORADO
MALATIÓN EN SUELOS LIMO – ARCILLOSOS**



**VIRGINIA GUTIÉRREZ ANGARITA
ILSE CASTRILLO HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
DISTRITO TURÍSTICO, CULTURAL E HISTÓRICO DE SANTA MARTA
2011**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL PLAGUICIDA ÓRGANO FOSFORADO
MALATIÓN EN SUELOS LIMO – ARCILLOSOS**

**VIRGINIA GUTIÉRREZ ANGARITA
ILSE CASTRILLO HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**DIRECTOR
ISAAC ROMERO BORJA
BIÓLOGO
Esp. GESTION AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
DISTRITO TURÍSTICO, CULTURAL E HISTÓRICO DE SANTA MARTA
2011**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Santa Marta, Octubre de 2011

Dedico este logro a:

Dios por darme la fuerza, la paciencia y la voluntad para seguir adelante y por acompañarme SIEMPRE.

A mi madre por confiar en mí y brindarme todo su apoyo porque al finalizar esta etapa de mi vida todos sus sacrificios y alegrías hoy dieron su recompensa.
GRACIAS.

A mi Abuela por tener siempre una sonrisa para mí y darme animo en los momentos más difíciles.

A Laura Coronado Bernal y Familia por todos sus consejos, cariño y apoyo.

A Isaac Romero por sus valiosas sugerencias y por su constante e incondicional ayuda ya que sin ellas no hubiese culminado satisfactoriamente.

A Ilse Castrillo por ser mi compañera de proyecto y amiga durante todo este tiempo.

A todos mis amigos y compañeros por su apoyo, animo, consejos y buenos deseos que siempre tuvieron para mí y que de alguna manera contribuyeron para lograr que este sueño se hiciera realidad.

A todos que el Señor les regale muchas bendiciones, los quiero mucho!

Virginia Gutiérrez Angarita.

Dedico este logro a:

Dios, todo poderoso por llenarme de fe y esperanza para seguir luchando cada día, sin importar los obstáculos y dificultades que se me presentaron durante estos años para realizar mi sueño de ser la profesional brillante que mi familia siempre visionó.

Mi padre David, a quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A mi madre Amparo Elenia, esa gran mujer luchadora de la vida e inagotable que con su apoyo incondicional hizo posible este proyecto de vida.

A mis hermanos Luz Daris, Érica Patricia, Elenia Rocío y Julio Iván porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

A mi sobrina Thalya Andrea que es como mi hija que por ella me esforzaba día a día para alcanzar esta meta.

A mi novio Jairo Alonso, gracias por tu amor y estar a mi lado compartiendo mis metas, eres mi amor, cómplice y amigo!

A mi amiga Virginia Gutiérrez por su amistad, por su paciencia y dedicación pudimos lograr conformar este equipo integral para alcanzar nuestros objetivos.

Finalmente a todas esas personas que de una u otra manera aportaron para la realización de este proyecto.

Ilse Castrillo Hernández

IAS
00064
Ej 1

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	12
2.	ASBTRACT	13
3.	INTRODUCCIÓN	14
4.	PRESENTACIÓN	18
5.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
6.	ANTECEDENTES.....	23
7.	MARCO TEÓRICO	26
7.1	Parámetros Fisicoquímicos.....	29
7.2	Parámetros Microbiológicos.....	34
8.	JUSTIFICACIÓN.....	37
9.	OBJETIVOS	39
9.1.	Objetivo General	39
9.2.	Objetivos Específicos	39
10.	METODOLOGÍA.....	40
10.1	Área de estudio:	40
10.2	Fase de campo:.....	41
10.2.1	Aspersión del plaguicida	42
10.3	Procedimiento de Muestreo en el Zona Fumigada y Zona Control.....	43
10.3.1	Localización de los Puntos de Muestreos:.....	44
10.4	Fase de laboratorio:.....	45
10.5	Método de Análisis.	45
10.5.1	Variables Microbiológicas	46
10.5.2	Determinación de Coliformes Fecales y Totales.....	47
10.5.3	Determinación de Poblaciones de Fúngicas y bacterianas	47
10.5.4	Determinación de Microorganismos Amilolíticos:.....	48
10.5.5	Determinación de Microorganismos Celulolíticos:.....	48
10.5.6	Determinación de Microorganismos Amonizantes:	48

10.5.7 Determinación de Microorganismos Nitrificantes:	48
10.5.8 Determinación de Microorganismos Proteolíticos:	49
10.6 Diseño Experimental.....	49
10.6.1 Técnicas de Medición	49
10.7. Fase de Gabinete	50
10.7.1 Análisis de los Datos	50
10.7.2 Métodos Estadísticos:.....	50
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
11.1 Concentraciones para los parámetros medidas en el suelo.....	51
11.1.1 pH	53
11.1.2 Acidez Intercambiable.....	55
b) Comportamiento Acidez Zona Control y Microorganismos	56
11.1.3 Materia Orgánica (MO)	57
11.1.4 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	59
11.1.5 Conductividad.....	61
11.1.6 Humedad.....	63
11.1. 7 Textura.....	65
11.1.8 Determinación de Coliformes Fecales.....	66
11.1.9 Determinación de Coliformes Totales.....	67
11.1.10 Determinación de Poblaciones Fúngicas y Bacterianas.....	68
11.1.11 Determinación de Microorganismos Amilolíticos	70
11.1.12 Determinación de Bacterias Celulolíticas.....	72
11.1.13 Determinación de Bacterias Amonizantes	73
11.1.14 Determinación de Bacterias Desnitrificantes	74
11.1.15 Determinación de Bacterias Proteolíticas	75
11.2 Relación entre los Parámetros Físicoquímicos y la Población Bacteriana del Suelo.	77
12. CONCLUSIONES	78
13. RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS.....	80

14.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
15.	ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Identificación de las Áreas de Muestreo.....	44
Tabla 2:	Técnicas de Medición de Variables Fisicoquímicas y Microbiológicas..	46
Tabla 3:	Tabla de Mc Grady.....	47
Tabla 4:	Datos Fisicoquímicos y Microbiológicos de las Muestras de Suelo.....	52
Tabla 5:	Población Fúngica y Bacteriana presente en el suelo.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Ubicación del área de estudio.	40
Figura 2:	Vista Satelital de la Zona de Muestreo.	41
Figura 3:	Bomba de espalda.....	43
Figura 4:	Aplicador Bomba Manual.....	43
Figura 5:	Ubicación Geográfica de las Áreas de Muestreo.	45
Figura 6:	Técnicas de Medición.....	49
Figura 7:	Comportamiento Temporal de pH en la zona fumigada y zona control.....	53
Figura 8:	Comportamiento de Ácido Intercambiable	55
Figura 9:	Comportamiento de Materia Orgánica en las zonas de estudios	57
Figura 10:	Comportamiento de CIC	59
Figura 11:	Comportamiento de la Conductividad.....	61
Figura 12:	Comportamiento de la Humedad	63
Figura 13:	Comportamiento De Textura	65
Figura 14:	Comportamiento de Coliformes Fecales.....	66
Figura 15:	Comportamiento de Coliformes Totales.....	67
Figura 16:	Recuento de Bacterias Amilolíticas.	70
Figura 17:	Recuento de Bacterias Celulolíticas.	72
Figura 18:	Recuento de Bacterias Amonizantes.....	73
Figura 19:	Recuento de Bacterias Desnitrificantes	74
Figura 20:	Recuento de Bacterias Proteolíticas	76
Figura 21:	Relación Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos.....	77

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Análisis Estadístico	84
Anexo 1.1 Resumen Estadístico para pH	84
Anexo 1.2 Resumen Estadístico para Acidez Intercambiable.....	85
Anexo 1.5 Resumen Estadístico para Conductividad.....	88
Anexo 2. Tablas de Datos de las Variables Fisicoquímicas y Microbiológicas del Suelo.	91
Anexo 2.1 Datos de pH, Conductividad, CIC, MO, Acidez.....	91
Anexo 2.2 Datos de Coliformes Fecales y Totales	92
Anexo 2.3 Datos de Amilolíticos.	93
Anexo 2.5 Datos de Amonizantes.....	95
Anexo 2.7 Datos de Proteolíticos.....	97
ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO	98
Anexo 3.1 Registro de hongos y bacterias encontradas en las muestras de suelo y análisis se las muestras.....	98
Anexo 3.3 Afectación a la Flora.....	99

1. RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo entre los meses de abril y mayo de 2011 en las instalaciones de la Granja de la Universidad del Magdalena en ella se establecen los posibles impactos (calidad ambiental) que puede generar la aplicación del órgano fosforado Malatión en los parámetros fisicoquímicos y microbiológico en suelos Limo - Arcillosos.

El método utilizado para la aplicación del plaguicida Órgano fosforado Malatión se realizó mediante la técnica de Pulverización o Aspersión, a través de una bomba de espalda, la concentración utilizada del plaguicida Malatión fue del 90%. Se realizaron cuatro aspersiones durante 2 meses cada aplicación se hizo a intervalos de 15 días. Durante este tiempo se llevaron a cabo mediciones de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas que permitieron establecer el impacto que genera en la calidad y salud del suelo.

La muestra para realizar los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron a partir de una profundidad de 5 cm formando muestras compuestas para la zona control y zona fumigada, las variables analizadas corresponden a materia orgánica, Capacidad de intercambio catiónico CIC, pH, Conductividad, Acidez intercambiable, Textura y Humedad, así mismo se analizaron variables microbiológicas fúngicas y bacterianas.

Los resultados arrojados en esta investigación demuestran que la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión generan alteraciones en el pH del suelo siendo mayor en la zona fumigada, y no altera las condiciones de contenido de materia orgánica, Capacidad de intercambio catiónico CIC, Acidez intercambiable, humedad y conductividad.

Las poblaciones fúngicas no experimentaron cambios en la densidad poblacional y estructura de la comunidad, las poblaciones bacterianas Amilolíticas, proteolíticas y los coliformes totales y fecales presentaron una disminución de la densidad poblacional en la zona fumigada; sin embargo no se observó cambios en la estructura de la comunidad y los procesos de recuperación o niveles de estabilización se da entre 10 y 12 días después de realizar la primera fumigación del plaguicida.

PALABRAS CLAVES: Plaguicida, Malatión, Suelo, Variables Fisicoquímicas y Microbiológicas.

2. ASBTRACT

The development of this investigation Magdalena was carried out between April and May, 2011 in the facilities of the Farm of the University of in her there are established the possible impacts (environmental quality) that can it generates the application of the organ - phosphoreted Malatión in the physicochemical parameters and microbiological in soils I Smooth – Clayey.

The method used for the application of the pesticide Organ - phosphoreted Malatión carried out by means of the technology of Pulverization or Aspersión, across a bomb of back, the concentration used of the pesticide Malatión was 90 %. Four aspersions were realized for 2 months every application was done to intervals of 15 days. During this time there were carried out measurements of the physicochemical and microbiological conditions that allowed to establish the impact that it generates in the quality and health of the soil.

The sample to realize the analyses of the physicochemical and microbiological parameters they took from a depth of 5 cm forming samples composed for the zone control and fumigated zone, the analyzed variables correspond to organic matter, Capacity of cationic exchange CIC, pH, Conductivity, exchangeable Acidity, Texture and Dampness, likewise fúngicas analyzed microbiological variables and bacterial.

The results thrown in this investigation demonstrate that the application of the pesticide organ - phosphoreted Malatión generates alterations in the pH of the soil being major in the fumigated zone, and it does not alter the conditions of content of organic matter, Capacity of cationic exchange CIC, exchangeable Acidity, dampness and conductivity.

The populations fúngicas did not experience changes in the population density and structure of the community, the bacterial populations Amilolíticos, proteolíticas and the total and fecal coliformes presented a decrease of the population density in the fumigated zone; nevertheless changes were not observed in the structure of the community and the processes of recovery or levels of stabilization it is given between 10 and 12 days after realizing the first fumigation of the pesticide.

KEY WORDS: Pesticide, Malatión, Soil, Physicochemical and Microbiological Variables.

3. INTRODUCCIÓN

La extraordinaria diversidad biológica de la tierra, no solo comprende a los animales, plantas, hongos y otros organismos macroscópicos, sino también a los millones de especies microscópicas, distribuidas en los hábitats más diversos que incluyen a suelos y aguas contaminadas. Debido al papel particular que juegan las bacterias y/o microorganismos en los ecosistemas y su importancia en la vida del hombre, se han empezado a investigar sus patrones de diversidad y los factores que los regulan (Horner-Devine *et al.*, 2003). Los estudios de diversidad microbiana en sitios con constantes aplicaciones de plaguicidas permiten la caracterización e identificación de especies bacterianas con un potencial de aplicación en procesos de biorremediación de sitios contaminados y/o el tratamiento de residuos caducos u obsoletos. (Castrejón *et al.*, 2008).

Por otra parte, las alteraciones ambientales como el mezclado mecánico del suelo, acumulación de gases, derrames líquidos, aplicación de desechos sólidos y principalmente la aplicación de plaguicidas le genera un impacto negativo al suelo, además introducen variaciones a las propiedades del suelo y paisajes naturales. Así mismo, datos históricos del uso de la maquinaria, productos químicos y enmiendas y la evaluación del impacto de sendas de migración (camino veredales) pueden ser usados también para subdividir la población de suelos en clases más pequeñas. (IGAC, 2006).

Actualmente en el mundo se emplean diariamente cantidades enormes de numerosos químicos y plaguicidas con el propósito de combatir diversas plagas y enfermedades, asegurando así la productividad y la inversión económica ya que los daños causados por las plagas pueden originar reducción del 40% de la producción. (Baddii & Varela, 2008).

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies de plantas o animales indeseables que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (Castrejón & Sánchez, 2003)

Durante la segunda guerra mundial, se llevaron a cabo muchas investigaciones en el desarrollo de gases tóxicos para ser empleados por el tercer Reich como armas de destrucción humana masiva. Estos trabajos llevaron al descubrimiento de un grupo de insecticidas más efectivos que los Órgano Clorados como el DDT, este

nuevo grupo que se denominó Órgano – fosforado; presentaron una nueva variante en el mundo de los plaguicidas, ya que estos tenían propiedades sistémicas; lo cual significaba que aunque las sustancias podían eliminar las plagas a su contacto, también eran absorbidas por la misma planta (sistémicas) volviendo ellas mismas tóxicas a los insectos. (Inventario Nacional de Plaguicidas COP en Nicaragua, 2003).

El primer insecticida sistémico de este tipo fue el di-etil, para-nitrofenil, mono-tio-fosfato, llamado comúnmente Paratión. Estos insecticidas resultaron muy efectivos para el control de plagas, especialmente por sus propiedades sistémicas, eran bajos en costo, pero presentaban riesgos para la salud humana, Insecticidas eran altamente tóxicos para los mamíferos, podían ser absorbidos por la piel y a través de las vías respiratorias de los operarios del equipo de aplicación. Además, algunos de ellos presentaban propiedades teratogénicas. (Inventario Nacional de Plaguicidas COP en Nicaragua, 2003).

Se estima que 4.5 billones de libras de plaguicidas, son comercializados en todo el mundo anualmente (Klaasen, 2001). Están incluidos insecticidas, rodenticidas, fungicidas, herbicidas y fumigantes, de uso agrícola, industrial y doméstico. Esto genera grandes cantidades de residuos y productos obsoletos, dispuestos de manera inadecuada, principalmente de la familia de los organofosforados, que son los más usados a nivel mundial. (Castrejón *et al.*, 2008).

Los plaguicidas son sustancias químicamente complejas que una vez aplicadas al medio están sujetas a una serie de transformaciones a nivel físico, químico y biológico (fenómenos de adsorción y absorción sobre suelos y plantas, volatilización, fotólisis y degradación química y microbiana). Estas transformaciones pueden conducir a la generación de metabolitos o a la degradación total de los compuestos. El movimiento de los plaguicidas en el suelo depende de las características del medio (suelo y espesor de la zona saturada) y del propio compuesto. Entre las propiedades del suelo cabe destacar la materia orgánica, la granulometría de los diferentes horizontes, la presencia de arcilla que pueden movilizar el compuesto en suelo y la presencia de iones metálicos o variaciones de pH capaces de catalizar determinadas reacciones de degradación. (Garrido, 1998).

El uso del Malatión (plaguicida órgano-fosforado), se manifestó a partir de la segunda guerra mundial cuando el plaguicida Malatión fue presentado al mundo como la solución para todas las plagas, que afectaban los cultivos de las zonas agrícolas y dañaban las frutas. Más tarde el plaguicida organofosforado Malatión se empezó a implementar para el control del Mosquito que producía el Dengue y los insectos que se encontraban en los jardines que afectaban las plantas domésticas frutales y ornamentales, incluso era utilizado para controlar las pulgas

y garrapatas en los perros, gatos y otros animales domésticos. Fue entonces cuando en Colombia se permitió que este líquido incoloro y de olor fuerte (como ajo) se utilizara en las zonas rurales y urbanas por parte de Salud Pública para el control de todos estos insectos que afectaban la salud humana.

El Malatión, al aplicarse en exceso provoca daños irreversibles al suelo al ser utilizado para controlar el Mosquito que produce el Dengue y para el control de otros insectos que se encuentran en los jardines de las zonas rurales y urbanas. Los plaguicidas pueden infiltrarse en el suelo, ser transportados por el viento, propagarse por escorrentía o llegar por lixiviación a las aguas subterráneas y a continuación propagarse por el subsuelo acabando por penetrar en ríos o lagos. Una de las características que podría influir en la lixiviación de los plaguicidas es la movilidad de éste en cuestión de degradación. Además cuando el Malatión no es aplicado en horas correspondientes (por la mañana antes de las 9 am; por la tarde después de las 5pm) puede llegar a dispersarse por acción del viento y contaminar la superficies de las zonas circundantes y de esta manera provocar intoxicación a los seres vivos, además puede presentarse el proceso de aerotransporte que es la dispersión del plaguicida hacia sitios donde no es aplicado (Guerrero, 2003).

De acuerdo con Díaz (1996), el 85% de la producción mundial de plaguicidas se utiliza en el sector agrícola, el 10% se utiliza en campañas sanitarias para el control de vectores y el 5% restante en el sector ganadero, en áreas públicas, en casas y en edificios para el control de plagas como insectos y roedores. Además estos contaminantes son por lo general poco biodegradables y solo una pequeña cantidad de los residuos son tratados actualmente (debido a la falta de tecnologías de tratamiento in situ disponibles), por lo que se presentan problemas de acumulación con consecuencias no predecibles en un futuro cercano.

Los efectos del Malatión sobre la salud humana son notables entre las formas de exposición al Malatión se encuentran como principales: el uso de este en hogares para el control de insectos y vectores, ingresos a áreas recién fumigadas con el producto, contacto directo por personas como rociadores en fincas o en fábricas manufactureras de Malatión. Igualmente, se encuentran expuestas al Malatión personas que viven cerca a vertederos donde se ha desechado Malatión. De acuerdo con la Agency For Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2000) el Malatión interfiere con el funcionamiento normal de los nervios y del cerebro.

Entre los efectos sobre la salud humana se encuentran:

Efectos mutagénicos (Alteraciones cromosómicas. Carcinogénesis.)



Efectos neurotóxico que puede actuar sobre el hipotálamo, y afectar asimismo la memoria. Se han registrado casos de polineuropatía crónica, de daño a los sentidos, y trastornos de la conducta (Pinheiro, 2000).

Efectos sobre la piel, efectos sobre el desarrollo embrional y fetal, Teratogenia, efectos reproductivos, efectos transgeneracionales, efectos sobre hígado, riñón y otros órganos. Efectos sobre la visión. Efectos sobre el sistema inmune y Alergias

El impacto sobre los suelos es poco conocido por lo que en el desarrollo de esta investigación se pretende establecer los efectos o cambios que genera la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión en los suelos Limo - Arcillosos desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico. Así mismo se busca establecer los tiempos de recuperación de la flora microbiana después de realizar varias aplicaciones consecutivas del plaguicida órgano fosforado Malatión sobre el suelo.

4. PRESENTACIÓN

La determinación de la calidad del suelo se ha realizado durante años en varios países del mundo; sin embargo, se debe tener un mejor conocimiento de la evolución de los plaguicidas en el suelo, es decir, de los procesos que afectan a estos compuestos y la implicación de los mismos en su persistencia y bioactividad.

Los plaguicidas órgano fosforados son tóxicos y liposolubles y su fórmula general deriva del ácido fosfórico. Pertenecen a diferentes familias: fosfatos, fosfonatos, fosforoamidotioatos, fosforodiamidatos, las cuales son formas azufradas.

En los procesos de infiltración de los plaguicidas en el suelo se presenta cambios en la dinámica generada por diferentes mecanismos que influyen en la persistencia y evolución de plaguicidas en el suelo. Estos mecanismos pueden actuar solos o en combinación sobre la estructura de los diferentes productos específicos y dependen de otras variables, como humedad, temperatura, materia orgánica, tipo de arcilla, pH, intercambio iónico del suelo, así como de las características fisicoquímicas del compuesto que se trate.

Con este proyecto se busca contribuir al diagnóstico de la calidad ambiental en suelos Limo - Arcillosos sometidos a la aspersión directa del plaguicida órgano fosforado Malatión mediante el estudio de los parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos.

Puesta en marcha esta investigación, se realizaron cuatro (4) aplicaciones utilizando Malatión al 90% (plaguicida órgano fosforado) con intervalos de 15 días entre cada aplicación, con el fin de establecer que tanto afecta la calidad del suelo y como varían las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas antes y después de realizarse la aplicación del plaguicida.

Los parámetros que se midieron durante el desarrollo de la investigación y los cuales deben encontrarse dentro del rango admisible son: pH, Acidez, Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Conductividad, Textura, Humedad, Coliformes Fecales y Totales, Mesofilos Aerobios, Mohos y Levadura, Amilolíticos, Celulolíticos, Amonizantes y Nitrificantes, (IGAC 2006). El análisis de estos parámetros en los suelos es de vital importancia para determinar la calidad y salud de un suelo, además permite establecer los cambios que puede llegar a generar la aplicación del Plaguicida órgano fosforado Malatión sobre las comunidades microbianas (bacterias y Hongos). La aplicación de plaguicidas en esta investigación involucran las siguientes etapas:

- ❖ Determinación de las condiciones de los parámetros químicos, físicos y microbiológicos del suelo mencionados anteriormente antes y después de las aplicaciones del plaguicida órgano fosforado Malatión.
- ❖ Interpretación de los Resultados.
- ❖ Recomendaciones.

Los resultados de un buen análisis de suelo indican la probabilidad de obtener una respuesta adicional de cómo se encuentran las propiedades del suelo al momento de ser sometido aún plaguicida órgano fosforado Malatión y las recomendaciones con respecto a los resultados obtenidos y su uso racional.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los suelos de la ciudad de Santa Marta y gran parte del departamento del Magdalena presentan en su mayor extensión del territorio una textura Limo - Arcillosa, éste tipo de textura de suelo debido a la ubicación de sus cargas eléctricas pueden llegar a ejercer una atracción considerable sobre las moléculas de agua, las cuales tienen un buen proceso de adsorción, por lo que presentan gran afinidad a compuestos de tipo orgánico como por ejemplo el plaguicida Órgano fosforado Malatión y de esta forma se ejercen procesos de mayor adsorción y retención lo que puede generar en este tipo de suelos efectos mayores a corto y largo plazo. La interacción de los plaguicidas con el ambiente comienza desde el momento de la aplicación y termina con la disposición final en los productos y subproductos, que se producen en la atmósfera, el suelo, el agua, las plantas y los microorganismos que habitan en éste.

La adsorción de los plaguicidas y en especial la del órgano fosforado Malatión por la fracción coloidal del suelo actúa modificando el proceso de degradación y de transporte de estos compuestos en los diferentes estratos u horizontes del suelo, así como su actividad biológica para combatir los microorganismos a los que son destinados; estas consideraciones tienen repercusiones importantes que han de tenerse en cuenta a la hora de reutilizar los suelos.

El primer plaguicida utilizado en los cuarenta (DDT) fue presentado al mundo como la solución para todas las plagas sin efectos negativos para el hombre, y la primera noción de su impacto ambiental se desarrolló en los años sesenta con el libro "The Silint Spring" de Rachel Carson en 1962. Desde ese momento no cesan los pro y contra de la aplicación de plaguicidas; puede estimarse que cada año se usa a nivel mundial aproximadamente 2.5 millones de toneladas de plaguicidas para los controles de plagas que en varias ocasiones son aplicados sin el debido control que requieren, y desde los setenta se habla de sistemas de control integrado de plagas. (Gutiérrez & Arregui, 1995).

Aunque los plaguicidas han sido elaborados para ofrecer una alta especificidad de acción, su uso genera innumerables efectos indeseados como la presencia de organismos resistentes, la persistencia ambiental de residuos tóxicos y la contaminación de recursos hídricos con degradación de la flora y fauna, ya que al momento de aplicar el plaguicida quedan fracciones del pulverizado que llegan al suelo y terminan afectando todo lo que lo compone, incluso cuando gran parte del producto es aplicado sobre el follaje, dicho comportamiento es desconocido o es muy poco lo que tiene acerca de los efectos benéficos o no del Plaguicida órgano fosforado Malatión sobre el suelo.

Las aspersiones de plaguicida Malatión que se realizan para controlar el mosquito que produce el Dengue y otras plagas que afectan las plantas y la salud del hombre, genera acumulación en el suelo de forma indirecta convirtiéndose en el mayor depósito y sitio de degradación de los plaguicidas (Weber, 1995). Los aspectos a tener en cuenta para determinar los comportamientos de los plaguicidas y el impacto en los suelos surgen o dependen de las propiedades fisicoquímicas del producto al ser aplicados y por su puesto de las características que hacen parte del suelo (Weber, 1995).

Al presentar las especies resistencia a la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión se requiere el incremento de las cantidades y concentraciones necesarias de plaguicidas o el cambio en la utilización de agentes más tóxicos para lograr controles efectivos en las especies a combatir. Esa permanencia del plaguicida favorece la incorporación a las cadenas tróficas, la acumulación en los tejidos grasos humanos y animales y la biomagnificación. Es igualmente importante la contribución indirecta producida por lixiviación (infiltración) de productos, caída por desniveles y por contaminación de suelos, afectando de esta manera no solo al suelo, sino también los cuerpos de aguas superficiales y las reservas hídricas (acuíferos) generando la disminución del uso del agua como recurso. Así mismo, la aplicación sistemática de plaguicidas altera los equilibrios existentes en las cadenas tróficas al causar pérdida de biodiversidad o disminución de los controles biológicos naturales de distintas plagas, de descomponedores de materia orgánica, de incorporadores de nitrógeno y de otras especies vitales para el ambiente.

La resistencia a la degradación conlleva a que los plaguicidas se conviertan en una amenaza persistente para todos los seres vivos, la biodiversidad y por su puesto afecta al suelo debido a las aplicaciones que se realizan en las zonas rurales y urbanas, el uso constante de plaguicidas órgano fosforado pueden llegar a afectar al suelo en los siguientes parámetros: capacidad de intercambio catiónico, el pH, la materia orgánica, la salinidad, y en determinado caso llegan a afectar la productividad del suelo, es decir, su fertilidad. Dicha afirmación aun es desconocida en nuestro medio para el caso del plaguicida órgano fosforado Malatión debido a que sus efectos han sido enfocados hacia la parte de salud pública y es poca la información que se maneja sobre su permanencia y efectos adversos o benéficos sobre el suelo.

Al aplicar el plaguicida órgano fosforado Malatión en las zonas rurales y urbanas, lo que se busca es controlar el Mosquito que produce el Dengue y otros tipos de plagas e insectos que se encuentran en los jardines, sin embargo no se ha cuantificado el impacto sobre la salud de los suelos por lo que se desconoce de manera precisa cuales son los cambios que sufre la estructura parental, es decir,

su características físicas, químicas y en especial el grado de afectación sobre los microorganismos que habitan en dicho suelo, los cuales se encargan de los procesos degradativos y de mineralización de los suelos, conllevando en ultima a un desconocimiento de los tiempos de permanencia de dicho plaguicida y el tiempo de degradación, asociado a los posibles efectos sobre los ecosistemas adyacentes, pérdida de diversidad de especies como también resistencia de las misma al ser expuesta por tiempo prologando al plaguicida, entre otros.

Lo anterior conlleva a plantear en esta investigación los siguientes interrogantes.

1. ¿Cómo afecta el Malatión las propiedades físico-químicas y microbiológicas del suelo después de realizarse la aspersión?
2. ¿Cuál es el efecto que puede llegar a provocar en los microorganismos que habitan en el suelo al momento de establecer contacto el órgano-fosforado Malatión?
3. ¿En el momento en que el órgano-fosforado Malatión entra en contacto con el suelo como es asimilado por la micro biota y como puede variar la vida de los microorganismos que allí habitan?

6. ANTECEDENTES

El hombre ha venido generando diversidad de productos químicos que afectan el estado natural del suelo. El uso continuo de plaguicidas por ejemplo es uno de los factores que hacen que el suelo pierda sus características originales provocando alteraciones en la vida animal y vegetal, variaciones en la propiedad físico-químico, y pérdida de la fertilidad.

De acuerdo con Jaramillo *et al* (2007), Bolliger (2007), Hetch (1998), y Nivia (1993), los insecticidas son poco selectivos y su aplicación afecta bastante a la población de los microorganismos de la rizósfera, tanto en conjunto como en especies concretas actuando como esterilizadores del suelo y destruyendo todo tipo de organismos y microorganismos presentes en el lugar, tanto los organismos patógenos (plagas) como también los benéficos, lo que provoca marcados cambios cualitativos y cuantitativos en la micro flora lo cual puede requerir meses o años para restablecer el equilibrio de nuevo. Una disminución en un 7% de la micro flora puede ser crítico para la productividad del suelo.

Al igual que en la micro flora del suelo, el efecto negativo de los plaguicidas sobre las plantas no siempre es a causa del ingrediente activo del plaguicida sino que puede deberse a los solventes u otros compuestos de la formulación; incluso a impurezas presentes en el agua utilizada para mezclar el químico.

La ocupación primordial y de mayor importancia para los pueblos de la Grecia Antigua y el Imperio Romano era la agricultura, donde los vegetales, animales y algunos minerales eran las diferentes fuentes para obtener sus plaguicidas, observándose que muchos de los métodos descritos por los autores y los métodos modernos para luchar contra los insectos, malas hierbas y otros, tienen gran parecido. Smith en sus investigaciones concluye que resulta difícil calibrar a tan largo plazo el valor de las prácticas plaguicidas de las que fueron pioneros los agricultores mediterráneos. (Sánchez & Sánchez, 1984).

En 1940 Müller, descubre las propiedades del DDT (1, 1, 1-tricloro-2,2-bis p-clorofenil etano), el cual marca una fase importante en el desarrollo de los plaguicidas, sin embargo este compuesto había sido sintetizado y descrito químicamente a finales del siglo pasado no se conocían sus propiedades insecticidas. Al tiempo del descubrimiento de la acción insecticida del DDT en Suiza, simultáneamente en el Reino Unido y en Francia se descubría la del HCH (hexaclorociclohaxano), y Schader 1940 sintetizaba los primeros compuestos organofosforados y descubría su acción insecticida. Posteriormente, con la ayuda

de los estudios científicos sobre plantas e insectos, se marca una nueva etapa en el desarrollo de nuevos herbicidas e insecticidas.

Derivados halogenados, dentro de los plaguicidas de este grupo de compuestos el DDT sintetizado en 1874 por Zeidler, tiene una gran importancia en la historia de los insecticidas. Sin embargo, sus propiedades insecticidas no fueron descubiertas hasta 1940 por Müller comenzando a desarrollarse su utilización para usos agrícolas después de la II Guerra Mundial. En la actualidad su acumulación en el medio ambiente y en los seres vivos ha dado parte a limitaciones en su uso por parte de algunos países. (Sánchez & Sánchez, 1984).

Los compuestos órgano fosforado tienen su origen en las investigaciones que se realizaron en la II Guerra Mundial sobre los gases neurotóxicos. El tetrafosfato de hexaetilo fue el primero de estos compuestos con aplicación comercial, a Schader se debe el descubrimiento de sus propiedades insecticidas, el cual es en realidad, una mezcla donde el pirofosfato de teraetilo (TEPP) es el componente más activo, este mismo científico desarrolló el paratión, que la empresa Bayer empezó a comercializar en 1944. Entre los compuestos organofosforados utilizados pueden considerarse, además del paratión y el metilparatión, otros como Malatión, dimetoato, monocrotofos, diazinón, azinfosmetil, disulfotón, forato, etión, etc. La toxicidad y la acción insecticida de estos compuestos son atribuidas a la inhibición de la actividad acetilcolinesterasa, enzima que se encuentra en las células nerviosas de los insectos y cuya desactivación paraliza su sistema nervioso (Upegui, 2000).

Los insecticidas a base de carbamatos fueron desarrollados por la firma Geigy a finales de los años 40 e introducidos por primera vez en Europa en 1953 con el Isolán. En Estados Unidos el primer insecticida utilizado en gran escala y todavía en uso fue el carbaril, introducido en 1958 por la Unión Carbide bajo la denominación comercial de Sevin, producto de gran actividad y amplio espectro de acción, siendo además barato, estable y relativamente poco tóxico (Bucanam, 2002).

En 1950 es cuando se sintetiza el primer lote de Malatión. Cuando se expone al oxígeno, este se convierte en malaoxón, que mata a los insectos al inhibir la enzima acetilcolinesterasa, que descompone la acetilcolina. En pequeñas cantidades el malaoxón parece inofensivo para las personas, pero en grandes dosis puede ocasionar dolores de cabeza, calambres, espumarajos en la boca y nariz, espasmos musculares y coma.

Se revela que el Malatión rociado en pantanos de Texas ha matado del 14 al 80% de dos especies comerciales de camarón en el año 1971.

En el año 1976 en Pakistán, 2.800 fumigadores resultan intoxicados por mal almacenamiento del Malatión, durante un programa de erradicación sobre paludismo, que se transformó en isomalatión. En el cual 5 de ellos murieron.

Dos investigadores subvencionados por el EPA en el año 1977, reportaron que el Malatión "puede ser altamente tóxico". Añaden que su uso podría tornarse a un más peligroso cuando las plagas desarrollen resistencia al pesticida y para que sea efectivo se requieren mayores concentraciones del mismo.

7. MARCO TEÓRICO

El suelo es un sistema complejo formado por partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, aire, agua y microorganismos, y puede considerarse como un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos, bajo la influencia del clima y del medio biológico. Se divide en horizontes y contienen cantidades apropiadas de aire y agua que suministran a los nutrientes y el sostenimiento que requieren las plantas (Cepeda, 1991).

Se dice que los suelos cambian mucho de un lugar a otro. La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado están determinadas por el tipo de material orgánico geológico del que se origina por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. Las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales excepto las derivadas de desastres naturales. Sin embargo, el cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de su protección contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos. Los agricultores han tenido que desarrollar métodos para prevenir la alteración perjudicial del suelo debido al cultivo excesivo y para construir suelos que ya han sido alterados o con graves daños. (Seoáñez, 1999).

La naturaleza física del suelo (textura) está determinada por la proporción de partículas de varios tamaños, las inorgánicas tienen tamaños que varían entre los trozos distinguidos de piedras y de grava hasta lo menos de 1/40.000 cm. Las partículas del suelo como la arena y la grava, son en su mayor parte químicamente inactiva pero las pequeñas partículas inorgánicas componentes principales de las arcillas finas, sirven también como depósito de las raíces de las plantas que a su vez extraen nutrientes. La materia orgánica del suelo es muy importante para la actividad microbiana del suelo, en general la fracción orgánica del suelo tienen un papel fundamental, regula los procesos químicos que allí ocurren, influyen sobre las características físicas y, según un gran número de investigadores, es el centro de casi todas las actividades biológicas del mismo (Cepeda, 1991).

La textura de un suelo es la proporción de cada elemento en el suelo, representada en el porcentaje de arena, arcilla y limo; se considera que un suelo presenta buena textura cuando, la proporción de los elementos que lo constituyen, le brinda al suelo la posibilidad de ser un soporte que permita un buen desarrollo radicular y brinde un adecuado nivel de nutrientes. La arcilla es un coloide electronegativo dotado de propiedades de absorción propias, por lo que es capaz de retener en su superficie los cationes de las sustancias ionizadas, las arcillas absorben agua, aumentando su volumen y por lo tanto su capacidad de intercambio iónico. La textura arcillosa, debido a sus elementos muy finos, puede

presentar escasa aireación, disminuye la capacidad de crecimiento de las raíces, aumenta la capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos y, según el tipo de arcilla, presenta bloqueos de elementos fertilizantes (Seoánez, 1999).

Los cambios que sufre el suelo debido a la adición de productos químicos actúan directamente sobre los fenómenos de adsorción en especial de plaguicidas y fósforo. Por otra parte la fracción coloidal (complejo arcilla-humus) retiene cationes y aniones solubles en agua afectando así el pH de los suelos que le permite retener moléculas orgánicas como la de los plaguicidas (Cepeda, 1991).

En la adsorción de los plaguicidas siempre existe acumulaciones o fuerzas residuales sobre la superficie de los sólidos que constituye el suelo y allí el producto es adsorbido. Por lo general este resultado de las interacciones electroestáticas débiles que ocurren entre el plaguicida, el agua y las partículas que componen el suelo (puentes de hidrogeno y fuerzas de Van Der Waals); las arcillas y la materia orgánica son los principales componentes edáficos involucrados en la adsorción de los plaguicidas, ya que todos estos llegan al suelo y por lo tanto son adsorbidos en menor grado y la actividad específica disminuye con relación a la cantidad retenida, de hecho en determinadas ocasiones la adsorción del plaguicida tiende a retrasar la descomposición biológica y con esto se incrementa la persistencia del plaguicida. Con base en Van Der Waals (1996) entre el 20 y el 70% de los plaguicidas es retenido por los coloides (complejo arcilla-húmico) y tiende a perder actividad biológica. Sin embargo estos residuos pueden liberarse y ser posteriormente adsorbidos por las plantas o alcanzar la superficie. (Gutiérrez, & Arregui, 1995).

El Malatión es un plaguicida utilizado en Salud Pública para el control del Mosquito que produce el Dengue, y además también es utilizado para controlar una variedad de insectos que se encuentran en los jardines, y que afectan frutas, vegetales, plantas ornamentales y arbustos.

El Malatión es aplicado de diversas formas, se realiza desde una maquina Leco, bajo la forma de Ultra Bajo – Volumen y a través de una Bomba Manual de Espalda en las Zonas rurales y urbanas para el control del mosquito que produce el Dengue y las plagas que afectan los arbustos y las plantas que se encuentran en los jardines. El Malatión se puede encontrar en dos formas: una en forma pura como líquido incoloro y en forma de calidad técnica como un líquido amarilloso pardo, que contienen una concentración del 90% e impurezas en un solvente. El Malatión de calidad técnica presenta un olor a ajo. Además se dice que el Malatión se ha manufacturado en los Estados Unidos desde el año 1950 y desde esa fecha se ha utilizado para controlar insectos. Luego de aplicado el plaguicida Malatión, la EPA recomienda que para ingresar a la zona debe de haber transcurrido 12 horas

entre la aplicación y la entrada al terreno para evitar los efectos adversos sobre la salud humana si no se toman las medidas correspondientes, y en otros casos deben de haber transcurrido al menos 6 días entre la aplicación y la entrada al terreno, para así evitar exposición a eventuales accidentes que podrían ser ocasionados por este. (Agency For Toxic Substances & Disease Registry ATSDR, 2004)

El Malatión, al aplicarse en forma indirecta y en exceso provoca daños irreversibles al suelo al ser utilizado para controlar el Mosquito que produce el Dengue y para el control de otros insectos que se encuentran en los jardines de las zonas rurales y urbanas. Los plaguicidas llegan inicialmente a la superficie de las plantas y hierbas o superficies y pueden llegar al suelo por lixiviación e infiltrarse a las aguas subterráneas y a continuación propagarse por el subsuelo acabando por penetrar en ríos o lagos, ser transportados por el viento, propagarse por escorrentía una de las características que podría influir en la lixiviación de los plaguicidas es la movilidad del éste en cuestión de degradación. Además cuando el Malatión no es aplicado en horas correspondientes (por la mañana antes de las 9 am; por la tarde después de las 5pm) puede llegar a dispersarse por acción del viento y evaporarse y contaminar la superficies de las zonas circundantes y de esta manera provocar intoxicación a los seres vivos, además puede presentarse el proceso de aerotransporte que es la dispersión del plaguicida hacia sitios donde no es aplicado (Guerrero, 2003).

Además de los métodos de aplicación de plaguicidas existen otras formas en que los plaguicidas lleguen al suelo, ya que algunos de estos que se prohíben o se declaran vencidos u obsoletos terminan enterrados sin autorización o en la disposición de vertederos o basureros a cielo abierto mezclados con basura municipal. Cuando los plaguicidas y los envases se entierran repetidas veces en el mismo sitio la zona puede contaminarse gravemente y volverse inutilizable. (Upegui, 2000)

Los plaguicidas que hoy dominan al mercado son compuestos orgánicos de síntesis artificial los cuales son utilizados para impedir la proliferación de parásitos en las plantas además son aplicados sin tener en cuenta los impactos y daños que estos le pueden causar al suelo y al medio ambiente. Frecuentemente al añadir un plaguicida se produce un aumento en el contenido de nutrientes debido a la intensificación de la descomposición de la materia orgánica y los microorganismos que mueren. Los plaguicidas tienen mayor probabilidad de moverse en el suelo, son adsorbidos por minerales de la arcilla, siendo degradado químicamente. En este proceso es importante la descomposición microbiana, ya que los microorganismos de los suelos obtienen alimento y energía para su crecimiento

sobre todo cuando carecen de energía. Los compuestos de estructura estable tienden a ser más persistentes, en concreto el órgano-clorado (Enríquez, 2001).

Las características del plaguicida que están asociados con la mayor adsorción al órgano clorado son:

- Alta tasa molecular
- Tendencia a formar iones(+)
- Presencia de grupos químicos (fosfatos) que incrementan la afinidad de las moléculas, por la superficie del suelo.

La volatilidad representa la tendencia del plaguicida a pasar de la fase gaseosa, se mide a partir de la constante de Henry que depende de la presión de vapor en estado líquido y de la solubilidad del agua. Esto constituye por lo tanto el reparto del plaguicida entre la fase líquida del suelo y la atmósfera.

Las estructuras granulares presentan una elevada porosidad y favorecen la volatilización, oxidación y transporte del plaguicida; similares resultados dan los suelos de textura gruesa, los microorganismos también ejercen un papel muy importante en la degradación de plaguicidas en el suelo pero de una manera más importante en los plaguicidas órgano-fosforado; también es importante resaltar que la volatilización de los plaguicidas se incrementa con la temperatura. Los plaguicidas no solo actúan sobre las plagas sino que afectan indiscriminadamente a todos los organismos que actúan sobre el suelo; el efecto de este plaguicida es una esterilización parcial del suelo, que tarda meses o años en recobrar el nivel de equilibrio climático, muchas veces puede producirse la proliferación de plagas por eliminación de competidores naturales (Canchano, 1998).

7.1 Parámetros Fisicoquímicos

El suelo es un medio heterogéneo debido a la variabilidad en sus constituyentes físicos, químicos y biológicos. Las características físico-químicas del suelo generan micro hábitats en los que se pueden desarrollar complejas poblaciones de bacterias, siendo la variabilidad en los factores microbiológicos mayor que la variabilidad en los parámetros físicos y químicos (Rovero & Kaiser, 1999). Se ha encontrado una enorme variabilidad espacial (horizontal y vertical en suelos agrícolas) y temporal (estacional) para los diferentes parámetros microbiológicos del suelo que incluyen el tamaño de la biomasa (Fierer *et al.*, 2003a; Stenrod *et al.*, 2006), actividad biológica total (Fierer *et al.*, 2003b, Stenrod *et al.*, 2006), la estructura de la comunidad (Fierer *et al.*, 2003a) y la actividad degradativa de los plaguicidas.

❖ pH

El pH es una propiedad química esencial de los suelos, que determina tanto el comportamiento y la evolución de los componentes químicos de estos como los correspondientes a los seres vivos, representado básicamente por la vegetación y en menor medida por la fauna edáfica. Una de las funciones fundamentales del pH es la de influir directamente sobre los organismos del suelo. Estos tienen una mayor o menor franja de tolerancia de pH, además por lo que se refiere a los vegetales, el pH es directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes a través de su ligazón al porcentaje de saturación de bases; si este es inferior a 100 y si sube el pH, aumenta el Ca y el Mg en la solución del suelo, al ser ambos las bases intercambiables dominantes. Así mismo aumenta el Mo, pues se hace disponible. Por el contrario, si desciende el pH, el Mo forma con el Fe compuestos insolubles, y se hace no disponible. (Seoánez, 1999).

Para el caso de esta investigación se espera que el Plaguicida Órgano fosforado Malatión genere alteraciones de pH, es decir condicione al suelo a valores Básicos de pH debido a la formación de complejos de fosfatos cálcicos o fosfatos magnésicos.

❖ Acidez Intercambiable

La Acidez del suelo depende de varios factores: 1. El pH (acidez activa que expresa la concentración de iones H^+ disociados de las soluciones del suelo); 2. La capacidad de intercambio de cationes (C.I.C); 3. El grado de saturación del complejo de Al (acidez de reserva).

A causa de esto, el suelo posee un poder tampón, factor fundamental en el momento de ser utilizado como depurador. La acidez de un suelo puede producirse por arrastre o lavado de sales, como consecuencia de precipitaciones o de vertidos abundantes por la exportación selectiva de cosechas, que extraen más cationes que aniones (según sean las especies implantadas), por la oxidación de sulfuros de hierro que se hayan acumulado en condiciones anaerobias, por oxidación de compuestos de N reducidos por aumento de la presión parcial del CO_2 en la solución del suelo al descomponerse los residuos orgánicos naturales o apartados, etc. (Seoánez, 1999).

Particularmente en este caso se espera para esta investigación que los valores de acidez disminuyan debido a las posibles alteración de pH, es decir se espera que la aplicación del Malatión genere pH básicos por lo que la acidez sería prácticamente valores bajos, sin embargo es necesario estimar cual es la proporción de cambio que transfiere la aplicación del Malatión.

❖ **Materia Orgánica**

La Materia Orgánica del suelo es una sustancia muy compleja, de naturaleza variable y de origen diverso. Contiene un sin número de materiales cuyos porcentajes varían de acuerdo con la clase de residuos (de plantas o animales) y de su estado de descomposición. Esta es de gran importancia porque actúa directamente sobre los fenómenos de adsorción (son de particular importancia: la inactividad de plaguicidas y aplicación de fósforo), además que interviene de manera directa en la regulación de niveles de disponibilidad de nutrientes y de elementos menores, mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles, no iónicos (complejos internos), con cationes de valencia variable. Estas sustancias llamadas quelatos móviles en el suelo son también importantes en los procesos edafogénicos. Se sabe que los ácidos orgánicos del suelo influyen, de manera apreciable, en la solubilización y movilización de los componentes inorgánicos. (Cepeda, 1991).

Teniendo en cuenta el comportamiento de la materia orgánica en los suelos que depende en gran parte a la estructural parental para retener los compuestos orgánicos y nutrientes se espera en esta investigación, que después de las aplicaciones del plaguicida órgano fosforado Malatión dicha materia orgánica en el suelo aumente; debido a que se espera que el Malatión conlleve a una disminución de las poblaciones microbianas y por ende un aumento o permanencia de los porcentajes de materia orgánica con respecto a la zona control; sin embargo en muchas ocasiones la descomposición de la materia orgánica no depende única y exclusivamente de los procesos degradativos por parte de microorganismos, sino también a procesos de degradación química por lo que se estima conveniente establecer cuál es el efecto que genera la aplicación del Malatión sobre este parámetro.

❖ **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La materia orgánica del suelo es de gran importancia en la Capacidad de Intercambio Catiónico y los suelos orgánicos tienen mayor CIC que los suelos minerales y en estos la CIC aumenta con el contenido orgánico. Esta se determina saturando el suelo con un catión, luego se extrae dicho catión y se cuantifica (Garavito, 1999).

El resultado esperado para este parámetro en la investigación que se desarrolló es consecuente con los niveles de materia orgánica que se puedan registrar durante las aplicaciones del Malatión que en cierta forma están muy relacionados y/o supeditas a la materia orgánica.

❖ Conductividad

La medida de la conductividad de los extractos obtenidos de un suelo permite establecer una estimación aproximadamente cuantitativa de la cantidad de sales que el suelo contiene, ya que la relación suelo - agua tiene influencia sobre la cantidad y composición de las sales extraídas por lo que se convierte necesario especificar la relación entre este.

Al incorporar en el sistema (zona Fumigada) un compuesto organofosforado como el Malatión se espera que favorezca a la presencia y formación de iones por lo que este parámetro presente un aumento.

❖ Textura

Los nombres de las clases de las texturas se utilizan para identificar los grupos de suelos, los minerales pueden agruparse de manera general en tres amplias clases texturales, que son arenas, margas y arcillas y se utilizan una combinación de estos nombres para indicar los grados intermedios.

La textura del suelo es la proporción de cada elemento del suelo, la cual se representa en %; además que esta depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de la formación del suelo. En esta investigación es de gran importancia este parámetro ya que permite definir a qué tipo de suelo de suelo nos estamos enfrentando para lograr los resultados esperados (Cepeda, 1991).

La textura del suelo juega un papel fundamental en la acción de retención de cualquier aplicación de producto químico es retención fluctúa de 0 a 100% del total aplicado, pero típicamente la adsorción en suelos aluviales o sedimentos francos y franco arcillosos está entre 50-80%. La retención depende de varios factores importantes tales como: contenido de materia orgánica, contenido y tipo de arcilla, pH, cantidad de producto aplicado y cantidad de carbono orgánico en la solución del suelo (Koskinen y Clay, 1997).

En algunas regiones como por ejemplo en los Estados Unidos de Norteamérica se estima que los plaguicidas se acumulan en más de 240 g/m^2 por año, aunque en Nueva Inglaterra se ha llegado a acumular solamente 10 g/m^2 por año, en los Grandes Lagos de 12 a 63 g/m^2 por año y en agua de lluvia se reporta 0.6% (Goolsby et al., 1997).

La adsorción de los plaguicidas y de sus metabolitos no es afectada en suelos con pH de 6.1 y 4.5, así como de 6.1 y 4.0, pero algunos metabolitos no son adsorbidos en suelos con pH de 4.0 y 4.5 respectivamente (Clay y Koskinen, 1990). Si el suelo contiene 3.3 g/kg de carbono orgánico puede incrementarse la adsorción de plaguicidas y se reduce la producción de desetilatrastina (Ray y Krapac, 1994).

La adsorción de plaguicidas no presenta una correlación significativa con la profundidad del suelo, contenido de arcilla y contenido de carbono orgánico. Y su coeficiente de distribución en suelos con textura fina es de 1.5 a 5.5, en cambio en suelos con textura gruesa su coeficiente de distribución es de 0.40 a 0.87 respectivamente (Sonon y Schwab, 1995).

También se ha encontrado que la movilidad de los residuos de plaguicidas no está relacionada con la distribución del carbono orgánico. En suelos arcillosos los plaguicidas son adsorbidos a los 36 cm de profundidad y sus metabolitos, han sido encontrados a la profundidad de 54 cm 10 meses después de la aplicación (Dousset *et al.*, 1995).

La adsorción de los plaguicidas en suelo seco y húmedo es de 13 a 22% respectivamente y en presencia de residuos vegetales la adsorción y la degradación se incrementan. Si el suelo carece de materia orgánica, no existe biodegradación, en cambio se incrementa la volatilización (Shelton *et al.*, 1995). A medida que se incrementa la profundidad del suelo el plaguicida se degrada más lentamente y se adsorbe menos, además que la actividad microbiana es mínima (Jury *et al.*, 1987; Kookama y Aylmore, 1994; Di Y Aylmore, 1997; Miller *et al.*, 1997). No obstante otros estudios han demostrado que la tasa de degradación entre la capa superior y el subsuelo es similar (Sparling *et al.*, 1998; Di *et al.*, 1998; 2001).

❖ Humedad

La humedad que contiene el suelo pocas veces es la adecuada para el desarrollo de las plantas y microorganismos. Algunos suelos tienden a ser muy húmedos y todos carecen de suficiente humedad disponible, por lo cual hay que regarlos para obtener buenos rendimientos en este. En ellos la cantidad de agua que el suelo contiene en el momento de ser extraído, es una de las formas de conocer el contenido de humedad que este presenta al momento de realizar cualquier análisis específico para conocer el estado actual del suelo.

La humedad y la textura del suelo a tratar es determinante en la aplicación de esta investigación, puesto que el elevado contenido en limo y arcilla puede dificultar la liberación del agua del suelo en el proceso de metabólicos del suelo, la presencia de macroporosidad puede dificultar su tratamiento y requerir una compactación previa del terreno y el exceso de humedad puede disminuir su eficacia y transporte de químicos y sustancias e influye fundamentalmente en el transporte de sustancias desde la superficie del suelo a zonas o capas más profundas (Ortiz *et al.* 2008).

7.2 Parámetros Microbiológicos

Los organismos del suelo incluyen bacterias, hongos, los cuales realizan funciones dentro del sistema de acuerdo a su ubicación al interior de la red trófica. Por ejemplo algunas bacterias que obtienen su fuente de carbono a partir de compuestos inorgánicos, favorecen el ingreso neto de material hacia el ecosistema enriqueciéndolo; otros como los hongos, requieren fuentes carbonadas ligadas a la materia orgánica y dependen por lo tanto del aporte realizado por las plantas y desechos animales para obtener su alimento y energía; lo cual, contribuye a la liberación de un cumulo de nutrientes que de otra manera no podrían ser empleados por las plantas para su crecimiento y desarrollo. En otro orden, los animales del suelo cumplen su papel en el control de las poblaciones microbianas, en la creación de porosidades que facultan el intercambio gaseoso, en la generación de estructuras en los suelos y en el fraccionamiento de residuos, incrementando su área superficial y facilitando el ataque microbiano. (IGAC 2006)

Es por esta razón que en esta investigación se analizan los parámetros microbiológicos citados a continuación ya que de estos depende en gran parte la salud y calidad del suelo.

❖ Coliformes Fecales.

Los Coliformes fecales pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*. Se caracterizan por ser de forma bacilar, Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos. A este grupo pertenecen bacterias del género: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. En particular, la bacteria *Escherichia coli* constituye aproximadamente un 10% de los microorganismos intestinales del hombre y de animales de sangre caliente y debido a esto se ha utilizado como indicador biológico de contaminación fecal (Guinea *et al.* 1979, citado en Toledo *et al.* 2005).

❖ Coliformes Totales.

Bacilo gran negativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes Tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con

producción de ácido, gas y aldehído a 35 o 37°C, en un periodo de 24 a 48 horas los cuales ayudan a determinar que tanto se encuentra un suelo contaminado (Holdings, 2005).

Para el caso de los Coliformes, si bien es cierto son poblaciones que generalmente se encuentran en concentraciones altas en los suelos, no dejan de ser importante para establecer el grado de salud que presenta este, debido a que también generar procesos de descomposición y/o interacciones con otro grupo bacteriano para formar lo que se conoce en el campo de la microbiología como consorcios bacterianos los cuales pueden llegar a ejercer un mayor poder degradativos o en caso contrario generar situaciones adversas a un grupo determinado de microorganismo y finalmente contribuir en algunos casos dependiendo de su concentración en la baja calidad del suelo para un determinado uso.

❖ **Poblaciones Bacterianas**

La determinación de la población bacteriana presentes en el suelo, es un índice de calidad que expresa el número de unidades formadoras de colonias (UFC) por unidad de suelo. Las bacterias presentes en este sistema representan acerca del 70 – 80% de la biomasa microbiana. Así mismo refleja la actividad saprofítica que tienen estos microorganismos. Dentro de las funciones que cumplen las bacterias en el suelo se encuentran la descomposición y mineralización de la materia orgánica, incremento en la actividad de raíces de las plantas, aportes de elementos básicos para el desarrollo y producción del suelo (Luna, 2010).

❖ **Determinación de Poblaciones Fúngicas**

Refleja la Población potencial de hongos (saprófitos) en un determinado suelo UFC/gr de suelo. Se consideran los descomponedores primarios de la materia orgánica. La función básica de estos microorganismos es la descomposición y mineralización de compuestos de origen vegetal y animal, incremento en la cantidad de raíces, protección al ataque de fitopatógenos, aportes de elementos básicos para el desarrollo y producción del suelo (Luna, 2010).

❖ **Determinación de Microorganismos Amilolíticos:**

El almidón constituye el producto de reserva predominante en las plantas. Se presenta por lo general en forma de gránulos que pueden ser tanto esféricos como lenticulares u ovoides con una marcada estructura en capas. El almidón vegetal está formado por dos glucanos, amilasa. En suelos saturados de humedad, recién abonados con hidratos de carbono, el almidón es degradado en condiciones anaeróbicas (preferentemente por los clostridios sacarolíticos). Como estos organismos fijan el nitrógeno molecular, la degradación anaeróbica de los restos vegetales ricos en polisacáridos puede provocar, en el suelo, un enriquecimiento en nitrógeno (Cepeda, 1991).

❖ **Determinación de Microorganismos Celulolíticos.**

La celulosa es de gran importancia en el suelo, ya que esta se convierte en el componente básico de los vegetales cuyo rendimiento supera al de los demás productos naturales. Los restos de los vegetales presentes en el suelo están formados por un 40% - 70% de celulosa. Este elevado contenido subraya la importancia de los degradadores de celulosa en la mineralización y en el ciclo del carbono. Las características físicas de la fibrillas de la celulosa, especialmente su resistencia mecánica y su insolubilidad, son de esencial importancia en el suelo. Se dice que en los suelos bien aireados la celulosa es degradada y utilizada por microorganismos aeróbicos (hongos, mixobacterias y eubacterias), mientras que en las condiciones anaeróbicas lo es por clostridios (Cepeda, 1991).

❖ **Determinación de Microorganismos Desnitrificantes y Amonizantes**

La desnitrificación localizada en los suelos consiste en la reducción anaeróbica del nitrato a compuestos volátiles (N_2 , N_2O y NO), la cual es producida por bacterias que respiran y solamente pueden crecer anaeróbicamente en presencia de nitrato (Carrillo, 2003). Cuando en el suelo no hay aire suficiente, se desarrollan los microbios Desnitrificantes y Amonizantes, que convierten a los nitratos en amoníaco y en nitrógeno libre que va a la atmósfera. En ella, por las descargas eléctricas, se combinan el nitrógeno y el oxígeno, produciéndose óxido de nitrógeno y nitratos que por medio de las lluvias pasan al suelo. El objetivo de esta determinación es la gran cantidad de microorganismos que se encuentran en el suelo y que son capaces de reducir el nitrato a compuestos volátiles como se mencionó anteriormente.

❖ **Determinación de Microorganismos Proteolíticos**

Una de las formas de detectar la presencia de estos microorganismos es porque ellos tienen la capacidad de degradar la gelatina, como fuente de proteína (Ciclo del Nitrógeno).

Los organismos muertos son descompuestos por un gran número de hongos y bacterias, estas bacterias producen proteasas termoestables, además que algunas extracelulares actúan como toxinas, mientras que ciertos polipéptidos bacterianos son antibióticos. La degradación de proteínas en el suelo va seguida de la formación de amonio por lo que se debe la descomposición de aminoácidos (Carrillo, 2003).

8. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial la contaminación de los suelos es un aspecto que empezó a ser reconocido después de la década de 1970, antes de esta solo se hablaba de la contaminación del agua y del aire, pero el suelo era considerado como un recurso con una capacidad de autodepuración casi infinita.

La sensibilidad mundial con respecto a la conservación del suelo comenzó a cambiar a partir de la declaración de la "Carta Europea de Suelos", desarrollada por la Comunidad Europea en 1972. En esta carta se advierte que: "el suelo es uno de los bienes más preciosos de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, de los animales y del hombre en la superficie de la tierra". A pesar de ello la regulación por el Derecho Ambiental de los suelos contaminados es muy reciente y todavía escasa.

El suelo ha sido considerado a lo largo de la historia como un gran receptor de sustancias dañinas que no existen de manera natural, siendo fundamentalmente los plaguicidas, es decir: se han esparcido y se esparcen mediante actividades humanas, ya sea intencionadamente o por accidente. (Lara, 2004).

Además, el crecimiento de la población mundial, la necesidad de mantener la capacidad de producción y la obtención de la calidad adecuada de alimentos, la concientización ambiental de gran parte de los actores sociales unidas a las mayores exigencias y necesidades de la demanda agrónoma, conducen a una valoración creciente de la calidad ambiental del suelo. La intersección del hombre y su entorno con la finalidad de satisfacer sus necesidades se encuentran con la necesidad de la utilización de instrumentos, como el uso de plaguicidas, lo cual genera un impacto negativo en el suelo y el medio que lo rodea, provocando además variedad en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y la diversidad de ambientes en los que ellos se encuentran. (Sánchez y Sánchez – Camazano, 1984)

El uso continuo de plaguicidas del mismo grupo químico por extensos períodos, la dosis, momento, tipo de suelo, sin considerar los intervalos requeridos para la debida recuperación del suelo, puede desencadenar alteraciones de difícil reversibilidad. (Bozzo, 2010).

El uso del plaguicida órgano fosforado Malatión se extendió por cuatro razones fundamentales: toxicidad relativamente baja para mamíferos, reducida persistencia, amplio espectro y bajo precio. En los últimos veinte años se acumuló una abundante evidencia bibliográfica que describe los efectos negativos del Malatión sobre la salud y calidad ambiental del suelo, los ecosistemas y la salud

humana. Parte de esa evidencia se concentró sobre la Variabilidad química del Malatión, y cómo derivan de él compuestos mucho más tóxicos. (Montenegro, 2001).

En la fase de campo se ubicaron dos (2) zonas de muestreo, donde se realizaron cuatro (4) aplicaciones del plaguicida órgano fosforado Malatión, (es importante mencionar que el plaguicida es utilizado para el control de plagas y mosquitos en zonas rurales y urbanas y por lo tanto llega al suelo indirectamente por otro tipo de factores, como lo son: escorrentía, lixiviación, infiltración) en los meses de abril y mayo, la cual fue seleccionada en un sector restringido del centro de Desarrollo Agrícola y Pesquero de la Universidad del Magdalena

En este sentido, se considera pertinente realizar la Determinación del efecto de los plaguicidas órgano fosforado en suelos, para evaluar la calidad ambiental del éste y los efectos que genera el plaguicida órgano fosforado Malatión sobre el mismo. El conocimiento generado en este estudio se convertirá en insumo de planes de vigilancia de la calidad del suelo, para la elaboración de estrategias encaminadas a la reducción de contaminación.

9. OBJETIVOS

9.1. Objetivo General

- Determinar el efecto que causa el Malatión (Plaguicida Órgano Fosforado) sobre las características físico-químicas y microbiológicas de suelos Limo-Arcillosos.

9.2. Objetivos Específicos

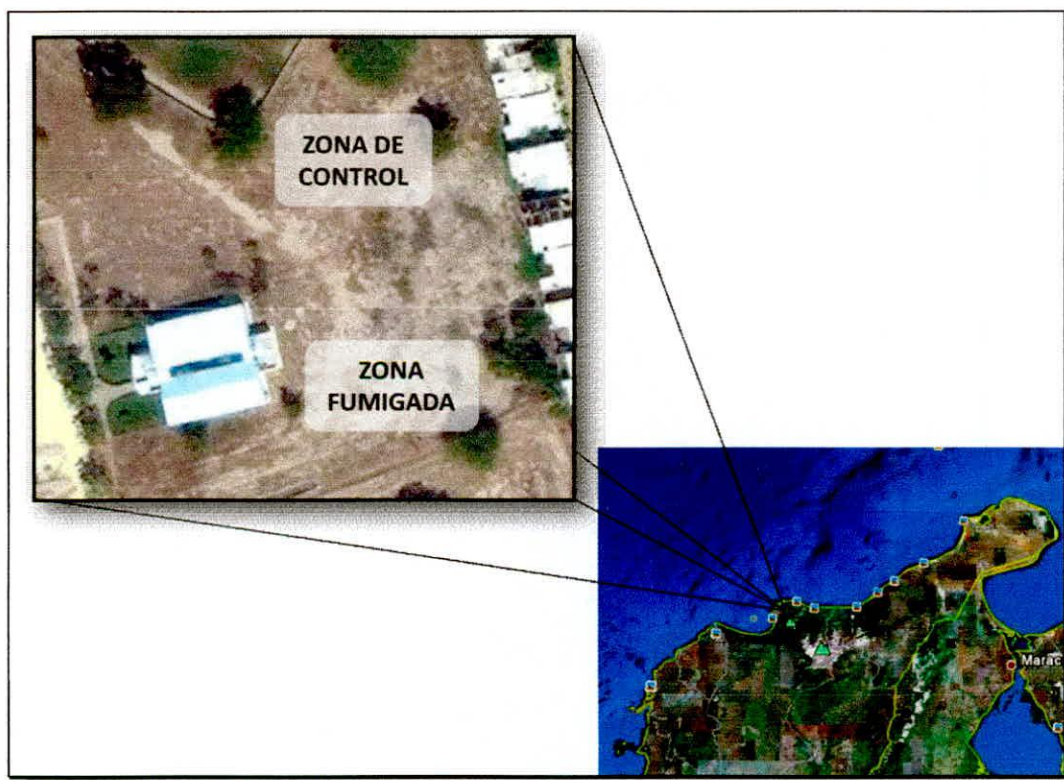
- evaluar las variaciones de las características físico-químicas y microbiológicas de suelos Limo-Arcilloso sometidos a la aplicación de Malatión.
- Determinar las características fisicoquímicas que presenta mayor alteración después de la aplicación del Malatión.
- Establecer el tiempo de recuperación de la flora microbiana de suelos Limo-Arcillosos tratados con Malatión.

10. METODOLOGÍA

10.1 Área de estudio:

Esta investigación fue desarrollada en las instalaciones de la Granja de la Universidad del Magdalena en áreas de 5 x 5 metros ubicada en las coordenadas N11°13' 25.88" W 74°11' 3.24", cuyos suelos presentan características Limo-Arcillosas con coloraciones amarillas, carmelitas, gris, gris oscuro y café; los cuales tienden a hacer de consistencia firme y plasticidad media, en algunos puntos de la ciudad presentan resistencias de compresión inconfiada entre 2.5-5 Ton/m² y pesos unitarios húmedos entre 1.5-2.0 Ton/m², índices de plasticidad entre 20-30%, y una humedad natural que se va incrementando con la profundidad entre el 30-40%. Estas características del suelo varían en otros sectores por las condiciones geológicas de algunos lugares que presentan en la ciudad debido a su morfología y ubicación.

Figura 1: Ubicación del área de estudio.



Fuente: Google Earth (2010)

10.2 Fase de campo:

En la fase de campo se ubicaron dos (2) zonas de muestreo, donde se realizaron cuatro (4) aplicaciones del plaguicida órgano fosforado Malatión, (es importante mencionar que el plaguicida es utilizado para el control de plagas y mosquitos en zonas rurales y urbanas y por lo tanto llega al suelo indirectamente por otro tipo de factores, como lo son: escorrentía, lixiviación, infiltración) en los meses de abril y mayo, la cual fue seleccionada en un sector restringido del centro de Desarrollo Agrícola y Pesquero de la Universidad del Magdalena, teniendo en cuenta las directrices de la institución y las políticas de dicho centro, que permita el control de las fumigaciones sin que estas repercutan en mayor grado sobre las actividades que se desarrollan en la zona. El sitio que se seleccionó fue una zona de 5x5 metros donde se aplicó el plaguicida y un zona de 5x5 metros que se utilizó como zona de control. La concentración del plaguicida órgano fosforado Malatión fue al 90%, las aplicaciones se realizaron en días despejados en el horario comprendido entre las 7:00 am y las 9:00 am para evitar el proceso de volatilización del compuesto y que este llegue a zonas donde no fue aplicado.

Figura 2: Vista Satelital de la Zona de Muestreo.



Fuente: Google Earth (2010)

Una vez seleccionados los sitios, se procedió a realizar la delimitación del lugar de la investigación, que como se mencionó anteriormente fue una zona de 5x5 metros para la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión, y una zona de 5x5 metros para la zona control, luego se procedió a tomar las muestras de suelo para los análisis de laboratorio con el fin de determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas en la zona control y en la zona donde se aplicó el plaguicida órgano fosforado Malatión para establecer que tanto afecta éste al suelo.

Las muestras de suelo para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos iniciales y después de las aplicaciones del plaguicida órgano fosforado Malatión se tomaron en cuatro diferentes puntos de la zona de 5X5 metros, luego se realizó una mezcla de ellas para formar una muestra compuesta del terreno o zona de aproximadamente 1000 gramos, ello se realizó tanto en la zona control como en la zona fumigada; Posterior a la toma de muestras compuestas se procedió al rotulado de la muestra (fecha, hora y sitio de muestreo), las aplicaciones o aspersión del Malatión se realizó teniendo en cuenta las técnicas y las normas de bioseguridad pertinentes al caso para la persona que realizó la aspersión.

Con las normas de Bioseguridad para la aplicación de plaguicidas lo que se busca es reducir al mínimo los efectos adversos que pueden llegar a provocar este tipo de químicos al ser humano y al ambiente. (MAVDT, 2003).

10.2.1 Aspersión del plaguicida

El plaguicida órgano fosforado seleccionado para realizar esta investigación es Malatión al 90%. La técnica a utilizar en el desarrollo de la investigación es Pulverización o Aspersión, esta es una de la maneras más común para aplicar los plaguicidas en forma líquida y fraccionando el volumen en pequeñas gotas, que llevan el plaguicida en forma de solución, emulsión y suspensión.

La aspersión del plaguicida órgano fosforado Malatión se realizó mediante una bomba de espalda la cual está compuesta por un tanque diseñado para que se mantenga en forma vertical sobre el suelo y que al ser cargado por el aplicador se acomode a su espalda.

Este tipo de técnica consta de las siguientes partes: Tapa de Tanque, filtro del tanque, tanque cámara de presión, pistón o diafragma, lanza, chasis, palanca, correas, filtro, llave de paso, boquilla y agitador. (Manual Técnico para la aplicación del plaguicida)



Figura 3: Bomba de espalda

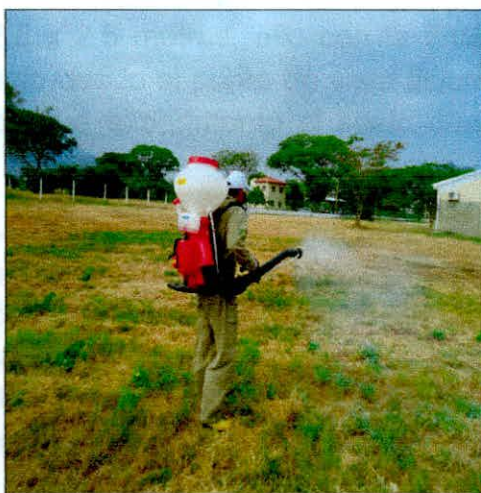


Figura 4: Aplicador Bomba Manual

La aplicación del plaguicida se hizo en horas de la mañana (7:00 am – 9:00 am) para evitar la volatilización del compuesto que podría llegar a presentarse si se aplicará en horas donde el sol se encuentra en su mayor intensidad.

Para determinar las condiciones iniciales del suelo y muestreo de las zonas seleccionada se definieron tres tipos de variables:

- Fisicoquímicas: pH, Textura, Acidez Intercambiable, Materia Orgánica (MO), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Conductividad, Humedad.
- Microbiológicas: Coliformes Fecales y Totales, Poblaciones Fúngicas y Bacterianas, Amilolíticos, Celulolíticos, Amonizantes, Desnitrificantes, Proteolíticos.

Al finalizar los muestreos luego de someter el suelo al plaguicida órgano fosforado Malatión, los resultados que se obtuvieron de los análisis de laboratorio se representaron en diagramas o gráficos para conocer las variaciones de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas y así observar cual fue el efecto que el plaguicida órgano fosforado Malatión le generó al suelo. Así mismo se realizó un análisis de varianza para establecer las posibles significancias entre el suelo no tratado y el suelo con la aplicación de Malatión.

10. 3 Procedimiento de Muestreo en la Zona Fumigada y Zona Control

La aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión se realizó en una de las dos (2) zonas seleccionadas, la otra zona fue tomada como zona control de los ensayos. Las fumigaciones se realizaron cada 15 días durante dos meses. Las aplicaciones se hicieron de la siguiente forma: una primera aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión sobre todo la zona de 5x5 metros, transcurrido 15 días de la primera aplicación, se realizó una segunda aplicación en

la mitad de la zona fumigada es decir 2.5 x 2.5 metros, ello con la finalidad de conocer el tiempo de recuperación del suelo desde el punto de vista fisicoquímico y microbiológico y establecer los cambios que experimentó el suelo cuando fue sometido a fumigaciones continuas.

Pasados tres días de la primera aplicación se realizó una toma de muestras del suelo en la zona fumigada y la zona control, que permitió establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo tratado; luego pasado 15 días se tomó una nueva muestra de suelo de la zona donde fue aplicado el plaguicida órgano fosforado Malatión y otra muestra de suelo de la zona control, para un total de 16 muestras (ocho para la zona control y ocho para la zona fumigada), durante el desarrollo de la investigación para observar cómo se afectaba el suelo luego de ser sometido al plaguicida órgano fosforado Malatión.

10.3.1 Localización de los Puntos de Muestreos:

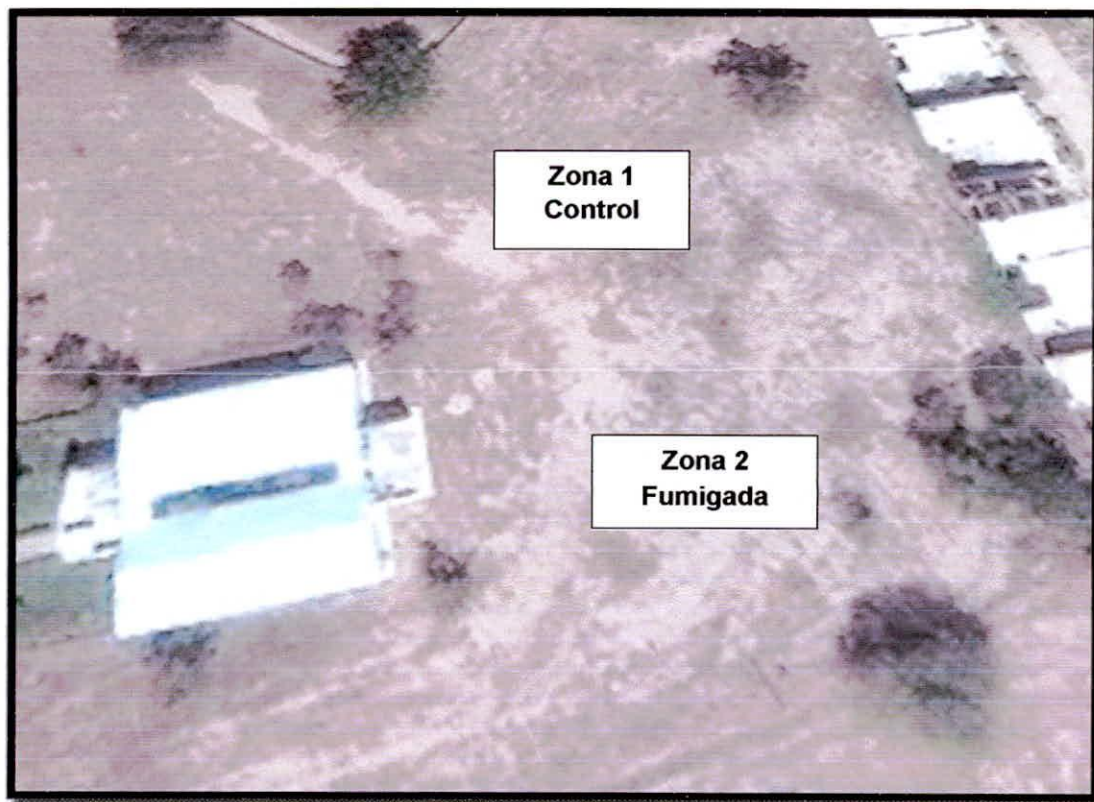
Teniendo en cuenta la ubicación de la Granja de la Universidad del Magdalena, y debido a su gran extensión en terreno, se definieron dos (2) zonas de muestreo, una zona donde se aplicó el plaguicida (zona Fumigada) y otro punto que se utilizó como zona de referencia o control, con el fin de observar como afectaba la aplicación del Plaguicida órgano fosforado Malatión las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo. Las zonas de recolección de las muestras de suelo se encuentran distribuidas en la figura 5 y en la tabla 1.

Tabla 1: Identificación de las Áreas de Muestreo.

ZONAS	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN
	W	N	
ZONA 1	74° 11' 01.60"	11° 13' 28.07"	Zona de aplicación el plaguicida Malatión.
ZONA 2	74° 11' 01.91"	11° 13' 30.47"	Zona control.

Fuente: Propia

Figura 5: Ubicación Geográfica de las Áreas de Muestreo.



Fuente: Google Earth (2010)

10.4 Fase de laboratorio:

En el laboratorio se analizaron las muestras tomadas en campo. Las características del suelo que se analizaron tanto en la zona fumigada como la zona control son las que se describen en la tabla 2 y las metodologías implementadas para dichos análisis son las descritas en IGAC 2006.

10.5 Método de Análisis.

Los métodos evaluados para los análisis de la investigación del plaguicida órgano fosforado Malatión, los cuales tendrán por objetivo establecer los parámetros químicos de la muestra problema después de aplicarse el plaguicida órgano fosforado Malatión al 90% son los siguientes:

Tabla 2: Técnicas de Medición de Variables Físicoquímicas y Microbiológicas

PARÁMETRO	UNIDAD	TÉCNICA
pH	Unidades de pH	Potenciómetro
Acidez	Meq/100gr	Extracción con KCL 1N
Materia Orgánica	%	Walkley -Black
CIC	Meq/100gr	Acetato de Amonio 1N, pH 7.0, Método IGAC
Conductividad	MHos/cm	potenciométrico
Textura	%	Método de Bouyoucos
Humedad	%	Método Gravimétrico
Coliformes Fecales	NMP/gr	Fermentación en tubos múltiples
Coliformes Totales	NMP/gr	Fermentación en tubos múltiples
Población Bacteriana	UFC/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Profundidad
Población Fúngica	UFC/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie
Amilolíticos	NMP/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie
Celulolíticos	NMP/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie
Amonizantes	NMP/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie
Desnitrificantes	NMP/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie
Proteolíticos	NMP/gr	Recuento Directo en Placa-Siembra en Superficie

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC 2006.

10.5.1 Variables Microbiológicas

Para la determinación de las variables microbiológicas se tomaron 10 gramos de suelo de cada muestra, es decir, de la zona control y de la zona fumigada. La toma de muestras para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo entre la 7:00 am – 9:00 am en las dos áreas seleccionadas en cada jornada de la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión. Las muestras de suelo obtenidas se almacenaron en bolsas estériles y se trasladaron hasta el laboratorio de Calidad de Aire y Suelo y laboratorio de Microbiología de la Universidad del Magdalena donde fueron procesadas de forma inmediata. Todas las muestras fueron analizadas en el laboratorio por medio del recuento directo por tubos múltiples y los resultados fueron obtenidos a través de la Tabla de Mc Grady para calcular el índice de NMP, para distintas combinaciones de resultados positivos

cuando se usan tres tubos de fermentación por dilución, expresado en el número más probable (NMP), siguiendo las recomendaciones de los métodos estándar. Las combinaciones de series por tres tubos se encuentran relacionadas en la tabla 3.

Tabla 3: Tabla de Mc Grady

Número de combinaciones	Número de microbios	Número de combinaciones	Número de microbios	Número de combinaciones	Número de microbios
0 0 0	0,0	2 0 1	1,4	3 0 2	6,5
0 0 1	0,3	2 0 2	2,0	3 1 0	4,5
0 1 0	0,3	2 1 0	1,5	3 1 1	7,5
0 1 1	0,6	2 1 1	2,0	3 1 2	11,5
0 2 0	0,6	2 1 2	3,0	3 1 3	16,0
1 0 0	0,4	2 2 0	2,0	3 2 0	9,5
1 0 1	0,7	2 2 1	3,0	3 2 1	15,0
1 0 2	1,1	2 2 2	3,5	3 2 2	20,0
1 1 0	0,7	2 2 3	4,0	3 2 3	30,0
1 1 1	1,1	2 3 0	3,0	3 3 0	25,0
1 2 0	1,1	2 3 1	3,5	3 3 1	45,0
1 2 1	1,5	2 3 2	4,0	3 3 2	110,0
1 3 0	1,6	3 0 0	2,5	3 3 3	140,0
2 0 0	0,9	3 0 1	4,0		

Fuente: Manual de Prácticas de Microbiología, 2010.

10.5.2 Determinación de Coliformes Fecales y Totales

Para la determinación de los Coliformes se utilizaron 10 gramos de suelo en 90 ml de agua peptonada de ésta dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones cada una de ellas de 1, 0.1 y 0.01ml en tubos de ensayos tapa rosca que contenían 9 mL del caldo Brila para el caso de coliformes totales y de igual manera se procedió a realizar la siembra en caldo EC para coliformes fecales, los tubos de ensayo fueron llevados a una cámara de incubación por 24 horas a 24 ± 2 °C. Las lecturas se realizaron de la siguiente manera, una respuesta posita a la prueba se manifiesta por la generación de gases en un pequeño tubo invertido (durhand) luego de haber transcurrido el periodo de incubación y una respuesta negativa es la no generación de gases, fermentación o formación de turbidez del caldo en el tubo. Las posteriormente a ello se contaban los tubos positivos de cada una de las diluciones realizadas y dichas combinaciones se estimaban en la tabla de Mc Grady

10.5.3 Determinación de Poblaciones de Fúngicas y bacterianas

Para la determinación de las poblaciones fúngicas y bacterianas se utilizaron 10 gramos de suelo en 90 ml de agua peptonada de ésta dilución se realizaron (por

muestra de suelo), diluciones de 10^{-1} mL, 10^{-2} mL, 10^{-3} mL, 10^{-4} mL 10^{-5} mL de las diluciones las diluciones sembraron en forma independiente en cinco cajas Petri aplicando 1 ml de cada dilución sobre la caja y posteriormente se adiciono 20 ml de agar malta de igual forma se realizó el procedimiento para la determinación de las poblaciones bacterianas solo se realizó cambia de agar malta por Agar SPC posteriormente fueron llevadas a una cámara de incubación por 5 días 35 ± 2 °C. Una respuesta positiva de esta prueba se manifiesta en la aparición de poblaciones de hongos presentes en la muestra del suelo. Finalmente las poblaciones fúngicas de cada grupo funcional se expresa como UFC/gr de suelo.

10.5.4 Determinación de Microorganismos Amilolíticos:

De cada dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones cada una de ellas en 1, 0.1 y 0.01 mL en los tubos de ensayo que contienen 9 ml de Caldo Almidón y posteriormente los tubos de ensayo fueron llevados a una cámara de incubación por 24 horas a 24 ± 2 °C. Una respuesta positiva de esta prueba se manifiesta en una coloración amarillenta – café del medio al agregar 0,3 ml de Lugol.

10.5.5 Determinación de Microorganismos Celulolíticos:

De cada dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones cada una de ella en 1, 0.1 y 0.01 mL en los tubos de ensayo que contienen 9 mL de Agar Celulosa, posteriormente los tubos de ensayo fueron llevados a una cámara de incubación por 7 días a 24 ± 2 °C. Una respuesta positiva de la prueba se manifiesta por el desarrollo de colonias sobre el medio. Visiblemente de un tono más brillante que el medio de cultivo.

10.5.6 Determinación de Microorganismos Amonizantes:

De cada dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones cada una de ella en 1, 0.1 y 0.01 mL en los tubos de ensayo que contienen caldo para la amonificación, posteriormente los tubos de ensayo fueron llevados a una cámara de incubación por 24 horas a 23 ± 2 °C. Una respuesta positiva a la prueba se manifiesta en que el color del medio se torna de un tono amarillento terroso – anaranjado oxidado al agregar 0,5 mL de Reactivo de Nessler.

10.5.7 Determinación de Microorganismos Nitrificantes:

De cada dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones de cada una de ella en 1, 0.1 y 0.01 mL en los tubos de ensayo que contienen caldo para la nitrificación. Posteriormente los tubos inoculados fueron llevados a una cámara de incubación por 24 horas a 24 ± 2 °C. Una respuesta positiva a la prueba se

manifiesta en que el color del medio se torna de un tono azulado al mezclar el medio incubado con: 50gr de urea, 0,3 ml de ácido sulfúrico y 0,3 ml de Reactivo Difenil amina Sulfúrica.

10.5.8 Determinación de Microorganismos Proteolíticos:

De cada dilución se sembraron en forma independiente tres repeticiones de cada una de ella en 1, 0.1 y 0.01 mL en los tubos de ensayo que contienen 9 ml de Gelatina, posteriormente los tubos fueron llevados a una cámara de incubación por 7 días a 24 ± 2 °C. Una respuesta positiva se manifiesta cuando más del 50%

10.6 Diseño Experimental.

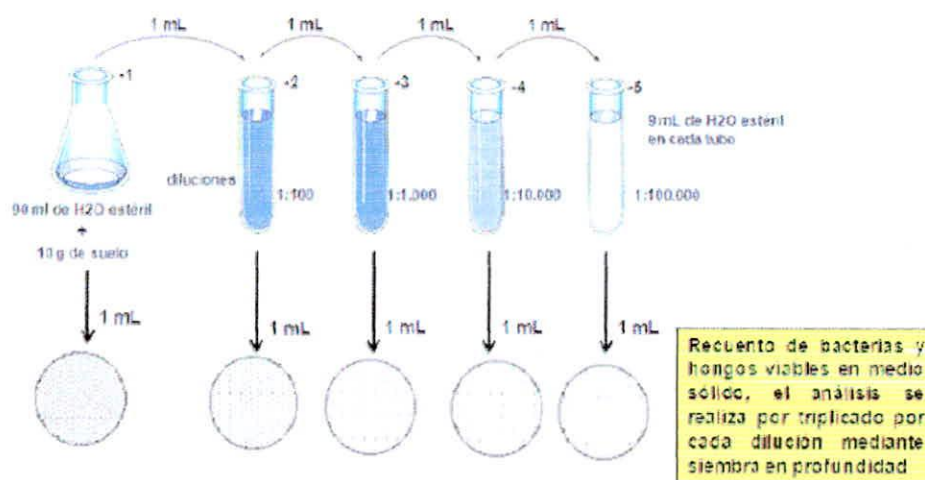
El desarrollo de la investigación consiste en un diseño completamente al Azar en las tomas de muestra del suelo. El muestreo del suelo se realizó antes de la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión para la zona control y luego de la aplicación del plaguicida y después haber transcurrido 3 y 15 días de cada aplicación para estudiar la incidencia de esta investigación.

Con la muestra representativa se trabajó por triplicado para la zona control y la zona fumigada, en la determinación de los parámetros fisicoquímicos, en el recuento de la población bacteriana y fúngica y en la determinación de microorganismos funcionales bacterianos.

10.6.1 Técnicas de Medición

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se llevaron a cabo con las técnicas de medición descritas en la Tabla 2 y en la figura 6.

Figura 6: Técnicas de Medición



Fuente: Luna 2010

10.7. Fase de Gabinete

10.7.1 Análisis de los Datos

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2007 por zona y por fecha de muestreo.

Para facilitar la interpretación de los resultados se crearon gráficas correspondientes a cada parámetro analizado con la ayuda de Microsoft Excel 2007 y análisis de varianza (ANOVA), con el fin de observar la variación de la zona control y la zona fumigada según las variables analizadas en el tiempo.

Con miras a responder las preguntas de investigación planteadas, se llevó a cabo un análisis estadístico multivariado para determinar la variabilidad de los datos en el espacio, en el tiempo y entre los parámetros medidos. A continuación se hace un recuento de las principales técnicas y manejo de datos utilizados:

10.7.2 Métodos Estadísticos:

Los métodos estadísticos utilizados en el proyecto son métodos gráficos, para ello, se pueden separar los análisis utilizados para cada fase así:

- **Fase de Muestreo:** Estadística Descriptiva.
- **Fase de Experimentación:** implementación del Stat Graphic Centurión XVI.I análisis de varianza (ANOVA), herramientas de optimización, evaluación de múltiples respuestas, y comparación de modelos.

En vista de lo anterior se optó por el uso de dos paquetes estadísticos para el manejo de información y análisis de datos, estos son: Microsoft Excel 2007 y Stat Graphic Centurión XVI.I por su amplia documentación y capacidad en el área de diseño de experimento.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación sobre los efectos del plaguicida órgano fosforado Malatión sobre suelos Limo - Arcillosos, es decir, en la zona control y zona fumigada a la que se hace relación en este trabajo.

11.1 Concentraciones para los parámetros medidas en el suelo.

El suelo es el gran soporte de la vida animal y vegetal y de la calidad ambiental y salud del mismo, de éste depende que los microorganismos y plantas que se encuentran allí puedan desarrollarse debido que es uno de los componentes más importantes para el desarrollo de la vida. En la tabla N° 5 se presenta la variación de los parámetros de pH, Acidez Intercambiable, Materia Orgánica, Conductividad, CIC, Textura, Humedad, determinación de Coliformes Fecales y Totales, poblaciones Bacterianas y Fúngicas, determinación de microorganismos Amonizantes, Celulolíticos, Proteolíticos, Amilolíticos y Desnitrificantes, que se encuentran en el suelo de las zonas que abarca esta investigación .

Tabla 4: Datos Fisicoquímicos y Microbiológicos de las Muestras de Suelo

FECHA	08-Abr		21-Abr-11		24-Abr-11		06-May-11		09-May-11		21-May-11		23-May-11		06-Jun-11	
PARÁMETROS	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF	ZC	ZF
pH	6,83	7,96	6,91	7,63	6,61	7,93	6,74	7,86	6,64	7,91	6,93	7,98	6,85	7,89	6,72	6,92
Ácidoz	4,096	4,076	6,252	4,136	4,144	4,112	6,132	6,15	4,072	6,144	4,096	4,144	4,536	4,524	4,58	4,568
Materia Orgánica	1,680	2,017	2,017	2,689	2,689	1,008	2,353	1,680	2,017	1,344	2,689	1,344	2,017	1,680	2,017	2,017
CIC	8,192	6,114	6,252	6,204	8,288	8,224	6,132	6,15	6,108	6,144	6,144	6,216	6,804	6,786	9,16	9,136
Conductividad	56,6	55,9	21,5	22,7	41,5	40,8	66,4	54,3	59,6	50,4	62,2	49,4	61,2	49,4	62,4	49,9
Textura	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc	Li - Arc
Humedad	10,24%	10,19%	10,42%	10,34%	10,36%	10,28%	10,22%	10,25%	10,18%	10,24%	10,24%	10,36%	11,34%	11,31%	11,45%	11,42%
Coliformes Fecales	2	<2	<2	<2	≥1600	63	34	1600	≥1600	280	1600	170	1600	≥1600	≥1600	1600
Coliformes Totales	50	900	30	17	500	33	23	1600	23	280	<2	170	4	≥1600	6	≥1600
Población Bacteriana	≥ 300 UFC	≥ 300 UFC	≥ 300 UFC	122 UFC	≥ 300 UFC	112 UFC	≥ 300 UFC	41 UFC	≥ 300 UFC	42 UFC	≥ 300 UFC	34 UFC	≥ 300 UFC	27 UFC	≥ 300 UFC	28 UFC
Población Fúngica	3	2	2	2	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2
Amilolíticos	4	2	3,5	1,1	45	0,7	140	0,6	140	0,3	4,5	0	45	0,3	140	0
Celulolíticos	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Amonizantes	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Desnitrificantes	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Proteolíticos	30,0	0,7	2,0	0,4	1,6	0,6	140,0	0,7	4,0	0,3	4,0	0,6	30,0	0,3	4,0	0,7

Fuente: Propia

ZC: Zona Control

ZF: Zona Fumigada

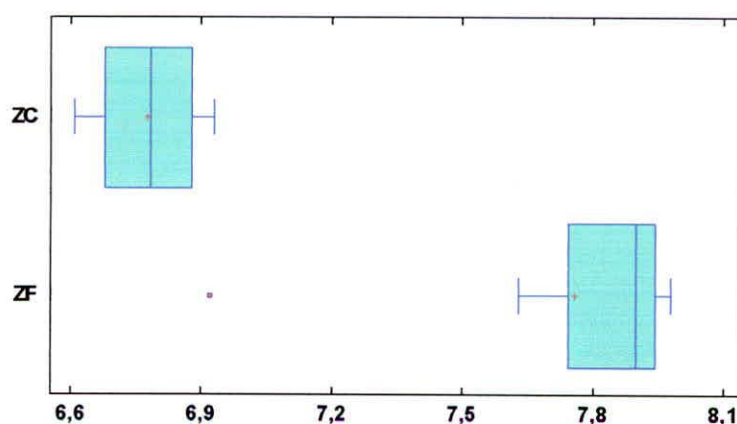
11.1.1 pH

En la tabla 4, se observa que el pH osciló en un rango de 6,7 y 7,9. Así mismo el valor de pH más bajo se reportó en la zona control (Abril 24 de 2011) con un valor de 6,61 Unidades de pH y el más alto en la zona fumigada (Mayo 21 de 2011), con 7,98 Unidades de pH.

Se observa en dicha tabla que el pH tiende a ser básico en la zona fumigada respecto a la zona control, este comportamiento lo genera la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión que al depositarse en el suelo se descompone en compuestos fosfatados los cuales se asocian con elementos como el calcio formando compuestos fosfatos tricalcicos que elevan el pH a condiciones de basicidad dicho comportamiento también fue registrado por (Bernier, 2000) quien afirma que el fósforo genera bajo esta condición formas insolubles no asimilables por las plantas y que sólo las formas asimilables corresponden a fósforo monobásicos y dibásicos, en este mismo sentido el análisis de varianza realizado a los resultados de pH arrojó que existen diferencias entre la zona control y la zona fumigada lo que ratifica lo expresado anteriormente (ver figura 7.a) este cambio o variación del pH genera una disminución en las poblaciones de microorganismos principalmente en las poblaciones bacterianas Amilolíticas y proteolíticas, debido a la poca asimilación de fósforo que hace parte esencial para el funcionamiento de estas comunidades (Cepeda & Valencia, 2007). (Ver figura 7 b, c)

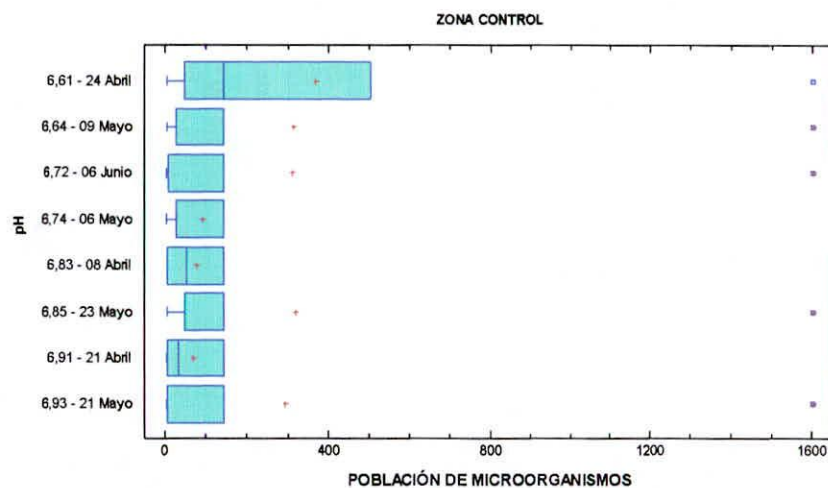
Figura 7: Comportamiento Temporal de pH en la zona fumigada y zona control

a)



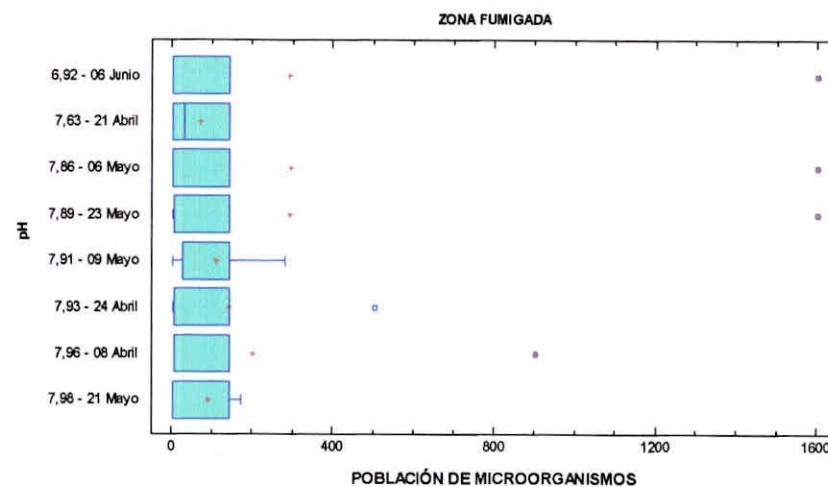
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada. En el gráfico se observa que existen diferencias significativas, debido a que no se presenta un solapamiento de los gráficos de caja de color verde, como tampoco de las desviaciones estándar representadas en el gráfico por las líneas que sobresalen de la gráfica de caja.

b) Comportamiento de pH Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto al pH del suelo la Zona de control.

c) Comprtamiento de pH Zona Fumigada y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto Al pH de del suelo de la zona fumigada

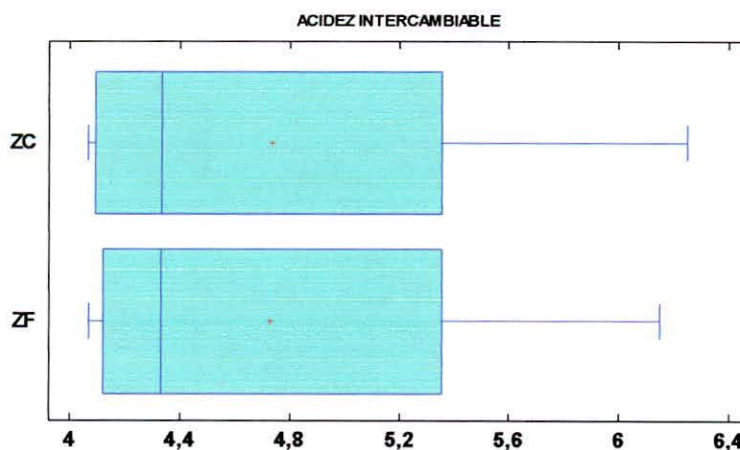


11.1.2 Acidez Intercambiable

La acidez es un componente esencial para la supervivencia de determinados microorganismos del suelo. En la tabla 4 y la figura 8 podemos observar que la variación de la zona control con respecto a la zona fumigada no presentó diferencias significativas, además este parámetro se evalúa cuando el pH tiende a oscilar en un rango de 5,5 Unidades de pH; sin embargo a pesar de registrar valores de pH superiores a 6.61 en esta investigación, se realizó su determinación para observar que tanto afectaba el plaguicida organo fosforado Malatión a este parámetro al momento en que entra en contacto con el suelo. Un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 10^{-7} , o lo que es lo mismo un pH menor de 7, sin embargo la acidez del suelo se convierte como un limitante para el desarrollo de la plantas y microorganismos, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, y sólo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5,5 lo cual ha sido demostrado por muchos investigadores. Las aplicaciones consecutivas de plaguicidas puede alterar la acidez del suelo ya que esta adsorbe el plaguicida por tanto afecta la degradación de la microbiota del suelo e incrementa la persistencia (Bozzo, 2010). (Ver figura 8 a, b)

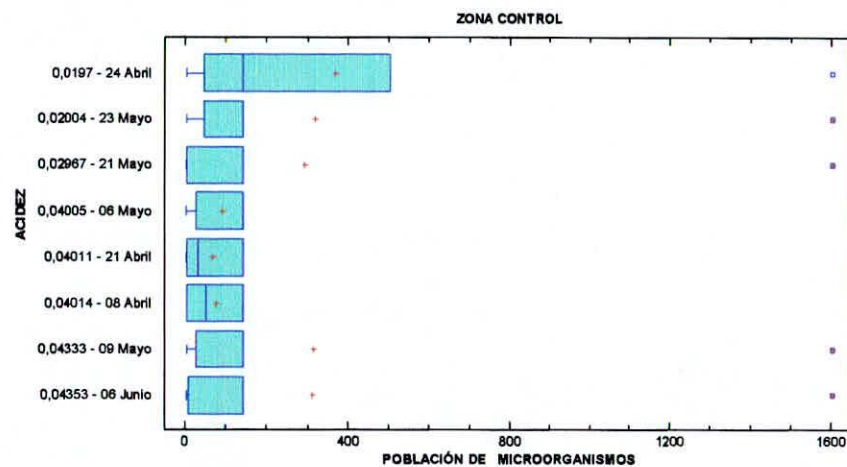
Figura 8: Comportamiento de Ácidez Intercambiable

a)



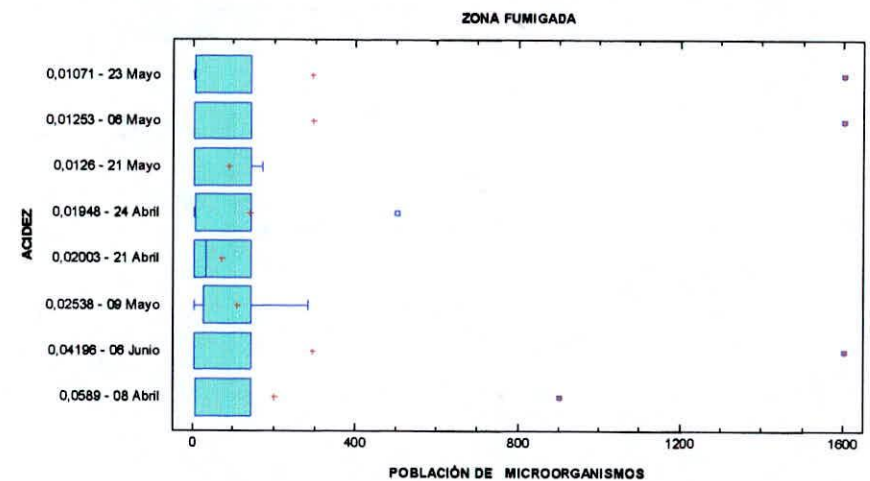
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que no existe incremento de la acidez intercambiable en la zona control respecto a la zona fumigada, hay variaciones mínimas la cual no logran ser estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de las desviación estándar.

b) Comportamiento Acidez Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la acidez intercambiable del suelo de la zona de control.

d) Comportamiento Acidez Zona Fumigada y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la acidez intercambiable del suelo de la zona fumigada.

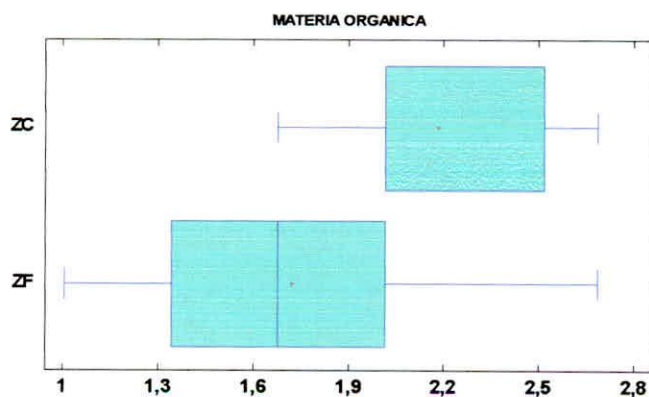
11.1.3 Materia Orgánica (MO)

La Materia Orgánica proviene de la descomposición de los seres vivos y organismo compuestos por proteínas. La descomposición de los organismos libera N que a su vez forma nitratos de Ca y P que son absorbidos por las plantas siendo de gran importancia el hábitat de bacterias y microorganismos fundamentales para el desarrollo de las plantas. En general, la fracción orgánica del suelo tiene un papel fundamental; regula los procesos químicos que allí ocurren donde influyen las características físicas y es el centro de todas las actividades biológicas del suelo. La adsorción de plaguicidas y herbicidas por el suelo ha sido estudiada por primera vez por Spankle *et al.*, (1975) que demostraron que el C14 de plaguicidas se adsorbe más fácilmente en un suelo arcillo limoso que en un suelo arcillo-arenoso. Las diferentes características fisicoquímicas de los suelos juegan un rol esencial en la adsorción de plaguicidas y herbicida. En particular su pH y su tenor de Fe, Al, Ca, P_2O_5 y materia orgánica (sobre todo en los suelos pobres en óxidos) (Bozzo, 2010).

En la tabla 4 y la figura 9 se observar el comportamiento de la Materia Orgánica en la zona control y zona fumigada, en ella no se observan diferencias significativas lo que significa que el órgano fosforado Malatión no genera un cambio apreciable en dicho parámetro; sin embargo los valores de la zona control son ligeramente superiores lo que se debe posiblemente a los procesos de metabolismo microbiano el cual no es alterado como si sucede en la zona fumigada lo que puede estar generando dichas variaciones.

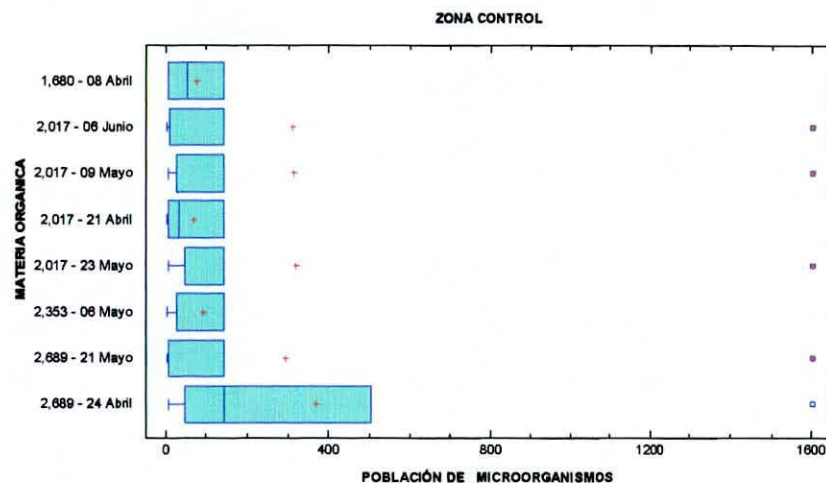
Figura 9: Comportamiento de Materia Orgánica en las zonas de estudios

a)



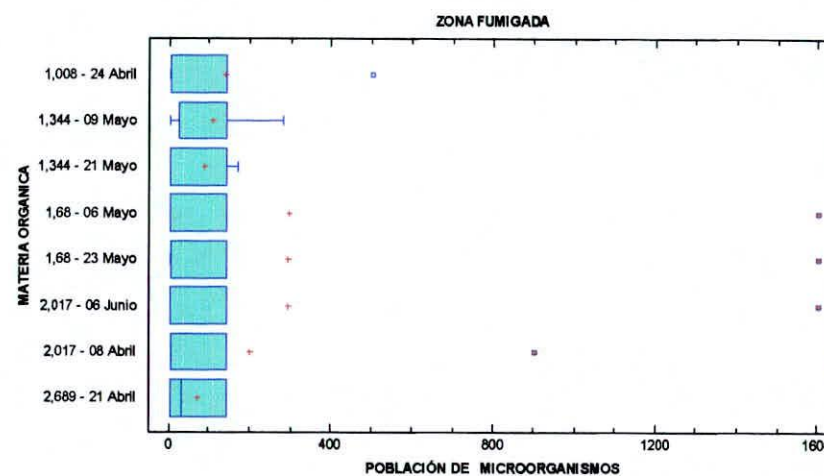
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que existe un leve incremento de la materia orgánica en la zona control respecto a la zona fumigada, sin embargo dichas variaciones no logran ser estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de las desviaciones estándar

b) Comportamiento de MO Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la MO del suelo de la Zona de control.

c) Comportamiento de MO Zona Fumigada y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la MO del suelo de la zona fumigada.

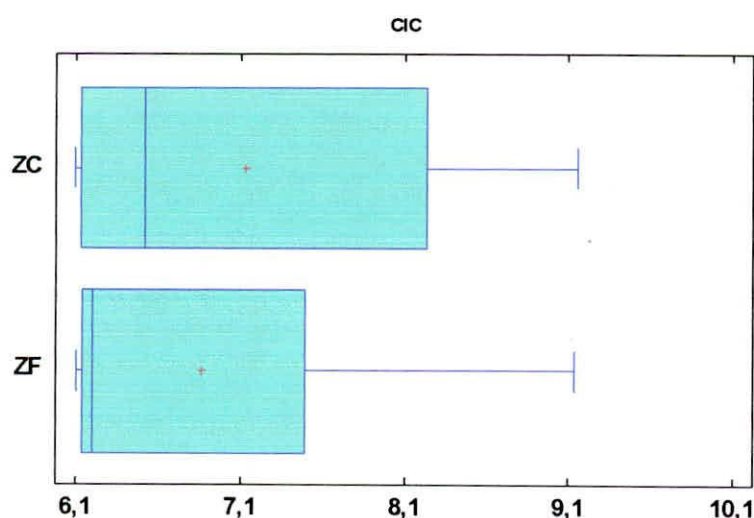
11.1.4 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La capacidad de intercambio catiónico depende en gran parte del pH y de la materia orgánica, ya que este aumenta con el contenido orgánico que el suelo contenga.

En la tabla 4 y la figura 10 se aprecia una CIC que permanece constante para la zona control y la zona fumigada, debido a que guarda una relación estrecha con el contenido de materia orgánica la cual no se ve afectada por la aplicación del plaguicida (Figura 9), y esto se debe así mismo a los rangos de pH registrados entre 6.6 y 7.8. Además en la figura también se puede apreciar que en general la CIC aumenta a medida que el pH también lo hace. Los valores más bajos de CIC se registraron en la zona fumigada, en el momento de la aspersión del plaguicida órgano fosforado Malatión que al parecer genera un bloque temporal (inactividad) de las condiciones metabólicas del suelo, las cuales se van recuperando a medida que transcurre el tiempo, debido posiblemente a la baja estabilidad y persistencia química del plaguicida al descomponerse y formar otro tipo de compuestos que si pueden ser degradados por las comunidades bacterianas y fúngicas. (Ramírez & Mijangos, 2000). (Ver figura 10 a, b)

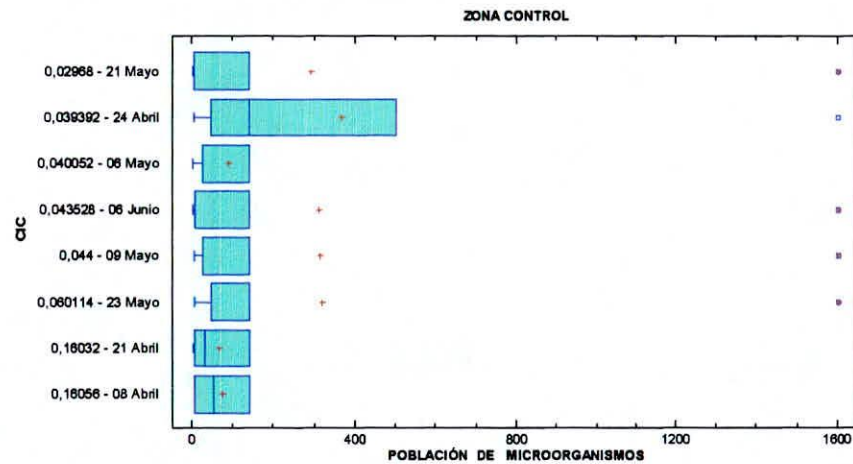
Figura 10: Comportamiento de CIC

a)



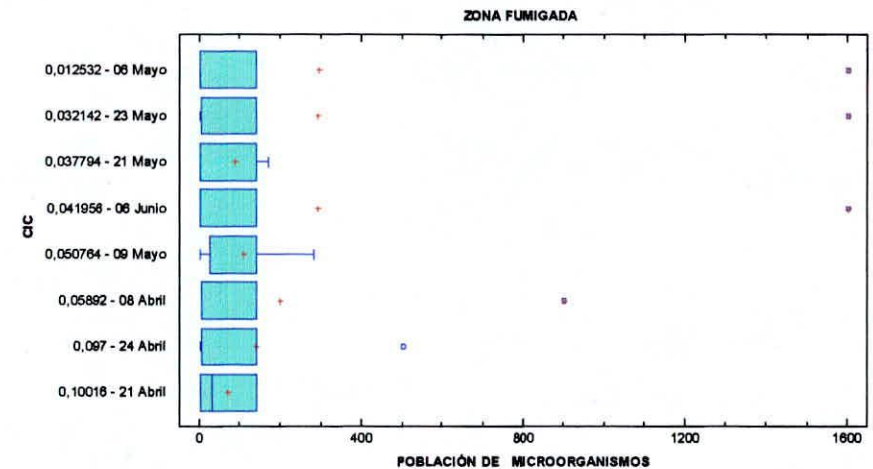
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que existe un leve incremento de la CIC en la zona control respecto a la zona fumigada, sin embargo dichas variaciones no logran ser estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de las desviaciones estándar.

b) Comportamiento de CIC Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la CIC del suelo de la Zona de control.

c) Comportamiento de CIC Zona Fumigada y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la CIC del suelo de la zona fumigada.

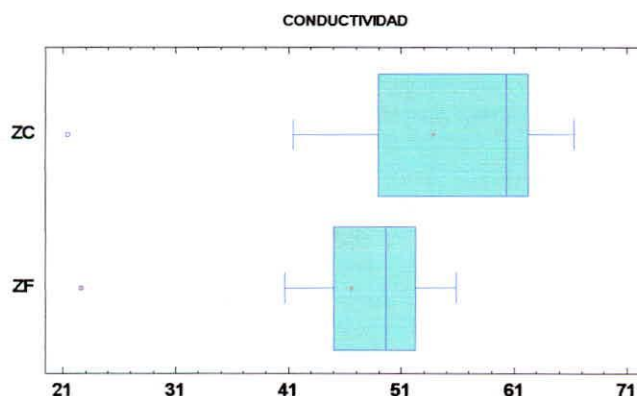
11.1.5 Conductividad

En la tabla 4 se observa que el menor valor reportado de conductividad fue de 21,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para el mes de Abril reflejado en la zona donde se realizó la aspersión del plaguicida órgano fosforado Malatión y el mayor valor de 66,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para el mes de Mayo reflejado en la zona control. La conductividad promedio fue de 50,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La tabla 4 y la figura 11 muestran la variación de la conductividad en cada una de las zonas de muestreo. Los valores se encuentran en un rango aceptable y los valores altos presentados se deben a que en el suelo es normal que se genere una elevada conductividad, a la que contribuyen la polaridad del agua y la abundancia de iones disueltos ya que las sales en el suelo se disocian en iones, al momento de la aplicación forman complejos más estables lo que conlleva a una posible disminución de la conductividad, ésta varía sobre todo con la temperatura y la salinidad (a mayor salinidad, mayor conductividad), y su medición permite una vez controlada la temperatura conocer la salinidad. Con respecto a la población bacteriana presente en el suelo no arrojó diferencias significativas que afectaran o disminuyera la población en su totalidad.

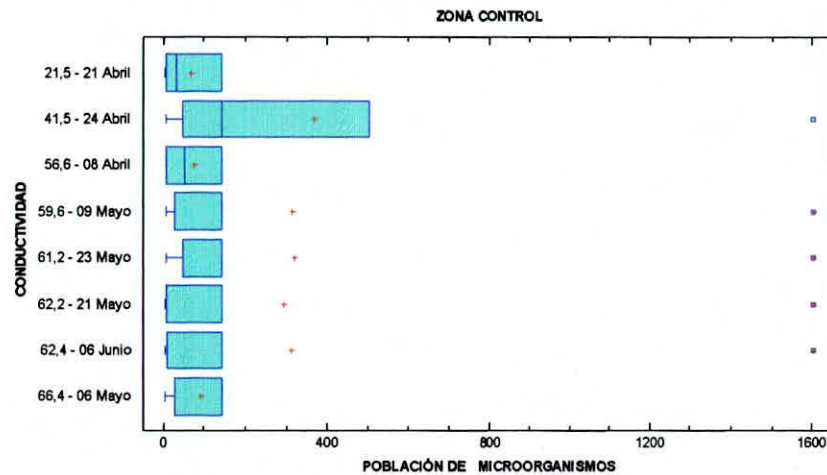
Figura 11: Comportamiento de la Conductividad

a)



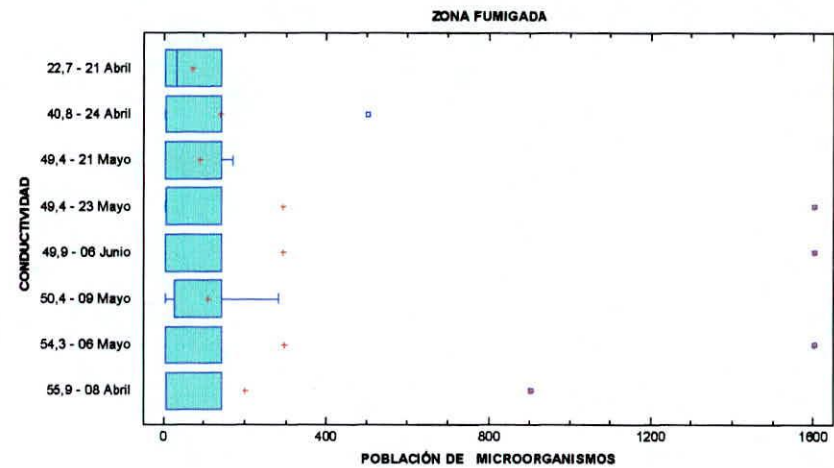
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que existe un leve incremento de la conductividad en la zona control respecto a la zona fumigada, sin embargo dichas variaciones no logran ser estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de las desviaciones estándar.

b) Comportamiento de Conductividad Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la conductividad del suelo de la zona de control.

c) Comportamiento de Conductividad Zona Fumigada y Microorganismos



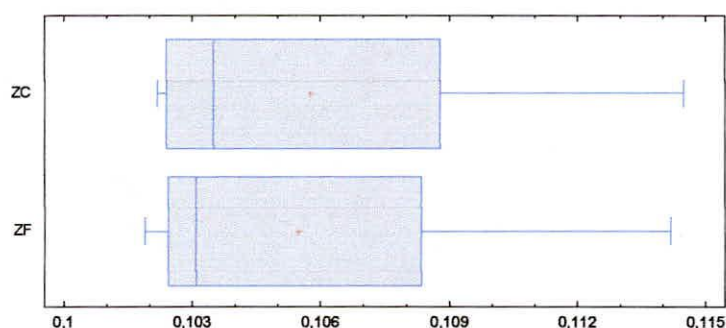
Variación de las poblaciones microbianas respecto a la conductividad del suelo de la zona fumigada.

11.1.6 Humedad

En la tabla 4 y la Figura 12 se observa que numéricamente la humedad del suelo en la zona control y zona fumigada fue del 10%, sin embargo se presentó un leve aumento del 1.4% en el mes de mayo con valores de 11.4% debido a algunas precipitaciones esporádicas durante el desarrollo de la investigación; lo anterior determina que la aplicación del plaguicida Órgano fosforado Malatión no afecta a esta condición del suelo por lo que no existieron diferencias estadísticamente significativas para la zona control y zona fumigada según análisis de varianza (Anexo 1).

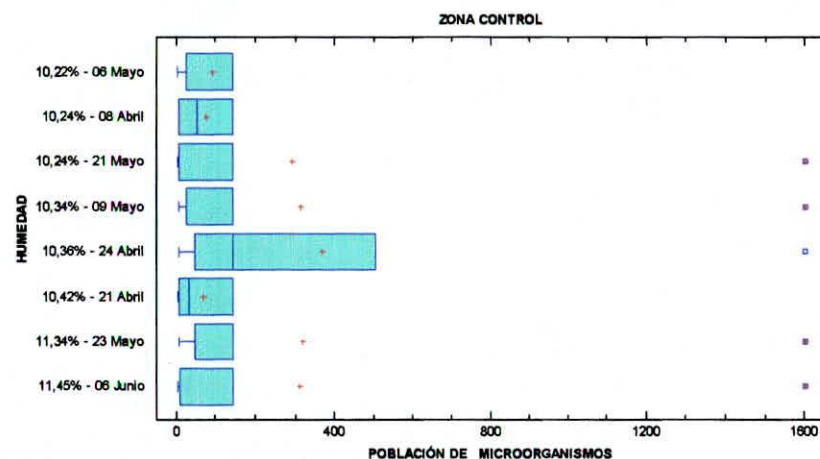
Figura 12: Comportamiento de la Humedad

a)



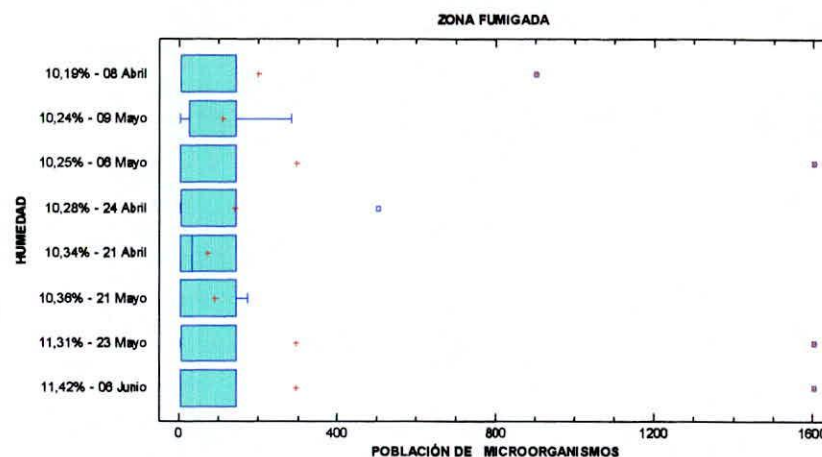
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que no existe incremento de la humedad en la zona control respecto a la zona fumigada, hay variaciones mínimas la cual no logran ser estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de la desviación estándar.

b) Comportamiento de Humedad Zona Control y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la humedad del suelo de la zona de control.

c) Comportamiento de Humedad Zona Fumigada y Microorganismos



Variación de las poblaciones microbianas respecto a la Humedad del suelo de la zona fumigada.

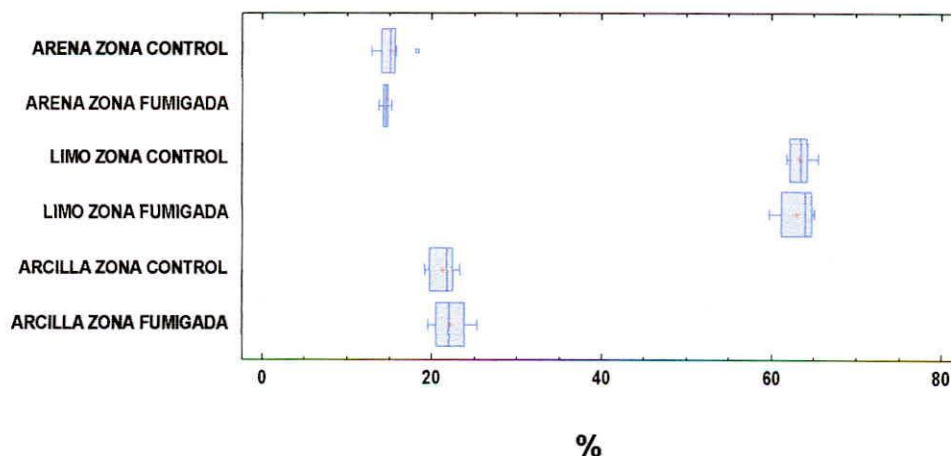
11.1. 7 Textura

Los resultados obtenidos en la determinación de la textura del suelo donde se realizó la ejecución del proyecto se encuentran indicados en la tabla 4 y la Figura13 en esta última se observa que numéricamente la textura del suelo no se ve afectada por la aplicación del Malatión (plaguicida organofosforado); por lo cual no existieron diferencias estadísticamente significativas para la zona control y zona fumigada. Los resultados encontrados arrojaron un entre 13.6 y 18% de arena, arcillas entre 20 y 25% y limos entre 62 y 64 % lo que demuestra que se trata de suelo con características limo-arcillosa. Son suelos capaces de retener en su primera capa los químicos y/o plaguicidas que se le apliquen.

La adsorción de los plaguicidas y de sus metabolitos no es afectada en suelos con pH de 6.1 y 4.5, así como de 6.1 y 4.0, pero algunos metabolitos no son adsorbidos en suelos con pH de 4.0 y 4.5 respectivamente (Clay y Koskinen, 1990). Si el suelo contiene 3.3 g/kg de carbono orgánico puede incrementarse la adsorción de plaguicidas y se reduce la producción (Ray y Krapac, 1994).

La adsorción de plaguicidas no presenta una correlación significativa con la profundidad del suelo, contenido de arcilla y contenido de carbono orgánico. Y su coeficiente de distribución en suelos con textura fina es de 1.5 a 5.5, en cambio en suelos con textura gruesa su coeficiente de distribución es de 0.40 a 0.87 respectivamente (Sonon y Schwab, 1995).

Figura 13: Comportamiento de Textura en las zonas control y zona fumigada



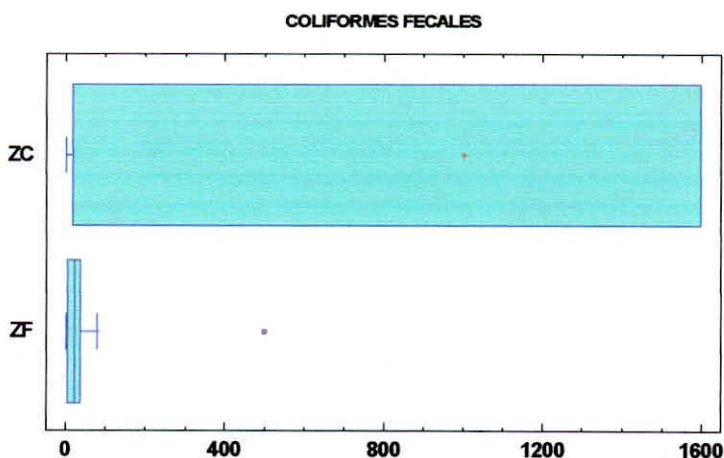
En el grafico se observa que no existe variación de la Textura en la zona control respecto a la zona fumigada, es decir no son estadísticamente significativas debido a que existe un solapamiento de la desviación estándar y de los datos centrales como la media.

11.1.8 Determinación de Coliformes Fecales

Los resultados obtenidos para cada punto de muestreo son los indicados en la tabla 4 y la figura 13.

Los resultados reportaron un valor promedio de 1205 NMP/10g. El valor más alto se presentó en la zona control con una concentración de 2565 NMP/g, y los más bajos reportados en el periodo de Abril (zona fumigada) con un valor 436 NMP/g, después de haberse realizada una segunda aplicación del plaguicida, es decir, el plaguicida órgano fosforado Malatión afecta de manera directa a las comunidades de microorganismos presentes en el suelo especialmente los coliformes. Wild, 1992, encontró que la aplicación de productos químicos al suelo producen inicialmente un descenso del número de los organismos que componen su población, seguido de un rápido aumento del número de bacterias una vez que ha pasado la acción de la esterilización. Los protozoos se recuperan más lentamente y cuando el tratamiento se hace con vapor, el restablecimiento de los hongos suele ser muy lento; pero este tratamiento puede producir efectos fitotóxicos.

Figura 14: Comportamiento de Coliformes Fecales



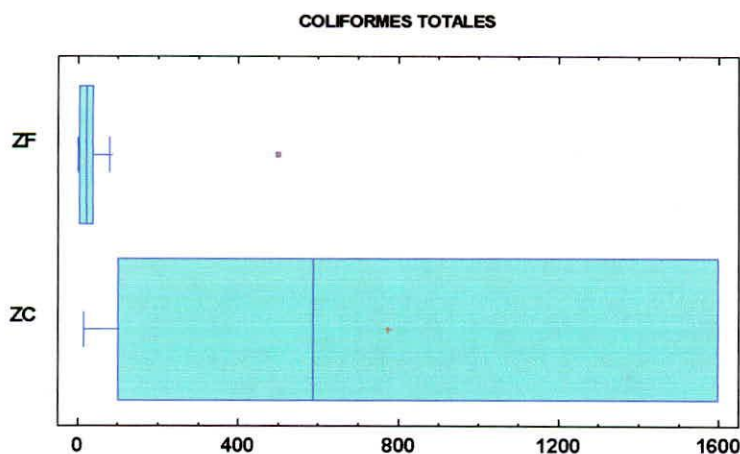
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada. En el gráfico se observa que existen diferencias significativas, debido a que no se presenta un solapamiento de los gráficos de caja de color verde, como tampoco de las desviaciones estándar representadas en el gráfico por las líneas que sobresalen de la grafica de caja.

11.1.9 Determinación de Coliformes Totales

Para ésta comunidad de microorganismos, la zona control presentó la mayor concentración con un valor de 3000 NMP/g y la menor concentración en la zona fumigada con un valor de 700 NMP/g. El promedio de este parámetro fue de 1673 NMP/g. Al comparar las concentraciones reportadas, se demuestra que los valores en la mayoría de las muestras procesadas de la zona control y zona fumigada presentan altos niveles de coliformes, lo cual representa un riesgo potencial para del suelo en usos agrícolas y posiblemente pueden generar enfermedades de tipo infeccioso en personas sensibles o inmunocomprometidas. En la tabla N° 5 y en la figura 14 se representa gráficamente la variación de este parámetro.

De acuerdo a lo expresado anteriormente, la zona control es la que presenta los valores más altos para esta variable, mientras que la zona fumigada presentó un valor menor en lo que respecta a este parámetro, lo cual obedece a la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión que genera cambios en la estructura de la comunidad, lo que puede conllevar a alteraciones del metabolismo microbianos en el suelo; sin embargo la aplicación de este tipo de Plaguicida podría convertirse en una alternativa de control para esta comunidades cuando sus niveles excedan los límites permisibles para un determinado uso del suelo ya que éste plaguicida además representa un bajo riesgo para la salud Humana.

Figura 15: Comportamiento de Coliformes Totales



ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada. En el gráfico se observa que existen diferencias significativas, debido a que no se presenta un solapamiento de los gráficos de caja de color verde, como tampoco de las desviaciones estándar representadas en el grafico por las líneas que sobresalen de la grafica de caja.

11.1.10 Determinación de Poblaciones Fúngicas y Bacterianas

En la tabla 5 se muestran los valores de las poblaciones Fúngicas y Bacterianas más visibles de las muestras de suelo recolectadas en las dos (2) zonas (zona de control y zona fumigada), en los periodos que comprenden desde: 6 de abril de 2011 – 6 de junio de 2011 después de las aplicaciones continuas del plaguicida Malatión.

Tabla 5: Población Fúngica y Bacteriana presente en el suelo.

FECHA	POBLACIÓN FUNGICA				POBLACIÓN BACTERIANA	
	ZONA CONTROL		ZONA FUMIGADA		ZONA CONTROL	ZONA FUMIGADA
	NÚMERO DE MICROORGANISMOS	MORFOTIPO	NÚMERO DE MICROORGANISMOS	MORFOTIPO	NÚMERO DE BACTERIAS PRESENTES	NÚMERO DE BACTERIAS PRESENTES
8 de Abril – 2011	10	2	9	3	300 UFC	300 UFC
21 de Abril – 2011	10	2	5	4	300 UFC	122 UFC
24 de Abril de 2011	10	2	6	2	300 UFC	112 UFC
6 de Mayo de 2011	10	2	6	2	300 UFC	106 UFC
9 de Mayo de 2011	10	2	5	2	300 UFC	102 UFC
21 de Mayo de 2011	13	2	5	2	300 UFC	34 UFC
24 de Mayo de 2011	13	2	5	2	300 UFC	27 UFC
6 de Junio de 2011	13	2	5	2	300 UFC	28 UFC

Fuente: Propia

En el tabla 5 se observa que la mayor población fúngica y bacteriana fue en la zona de control que se determinó después de analizar las muestras de suelo correspondientes a los (dos) 2 meses del desarrollo de la investigación presentándose un incremento de estas poblaciones en los tres últimos periodos de la toma de muestra en la población fúngica lo que obedece al mayor contenido de humedad registrada en el mes de mayo 11.4% debido a precipitaciones aisladas así mismo la humedad del suelo influye en la actividad de la población microbiana de diferentes maneras, ya que a medida que se va secando el agua, las películas se hacen más finas y afectan la disponibilidad del agua y las relaciones osmóticas de las células. Las bacterias (aunque muchas midan menos de 1 μm de diámetro) parecen tener fácil motilidad en películas sensiblemente más gruesas a 1 μm , independientemente de que puedan desarrollarse con una humedad más baja. En cambio, los hongos, difieren de las bacterias en que sus hifas no necesitan crecer en una película continua de agua sino que pueden atravesar espacios abiertos al aire y pueden realizar sus funciones en condiciones más secas que las bacterias (Wild, 1992).

En la zona fumigada podemos observar que inmediatamente después de la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión la población decayó desfavorablemente al momento que el plaguicida entró en contacto con el suelo, lo que ratifica que la aplicación de productos químicos tóxicos genera cambios en la estructura de la comunidad de microorganismos.

En los análisis de las muestras de suelos se presentaron diferentes morfo tipos de hongos entre los cuales podemos mencionar: presencia de *Curvularia*, *Micelio*, *Espora*, *Mucor*, *Tricoderma* y *Levadura* (Ver anexo 3.1).

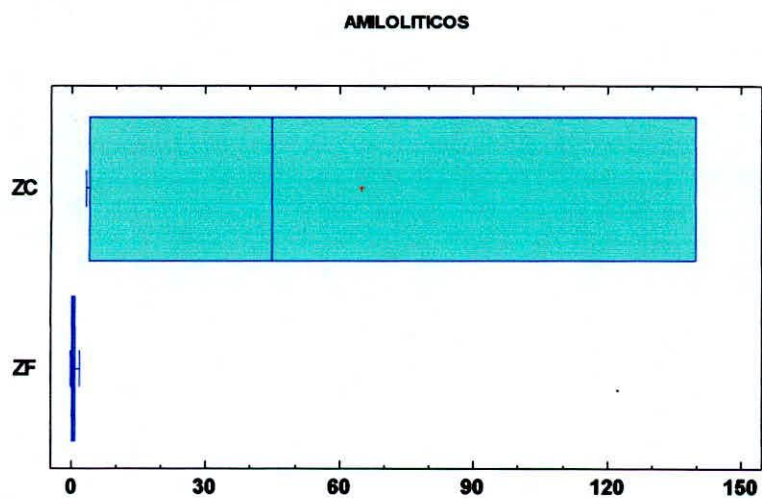
11.1.11 Determinación de Microorganismos Amilolíticos

El almidón es el material de reserva que predomina en las plantas y comúnmente se presenta en gránulos con una típica estructura en capas. La actividad amilolíticas varía a veces con el tipo de vegetación, la humedad y las características del suelo. El almidón es degradado por fijadores de nitrógeno en los suelos a los que recientemente se incorporó material vegetal rico en polisacáridos (Carrillo, 2003).

Los Amilolíticos medidos en las zonas de muestreo, arrojaron resultados que marcaron una diferencia notable ante la degradación de almidón por los microorganismos allí presentes, donde los valores más altos se obtuvieron en la zona control, con promedios entre 45,0 y 140,0 Número de microbios. En la Figura 15, se muestra el gráfico donde se consigna el promedio de tres repeticiones de las poblaciones bacterianas amilolíticas determinadas en las muestras de suelo de la zona control y zona fumigada, allí se observar que el NMP de las poblaciones Amilolíticos en la zona control fue de 9.374 bacterias amilolíticas, inmediatamente después de las aplicaciones continuas del plaguicida órgano fosforado Malatión la población bacteriana decayó desfavorablemente presentando un promedio de 3.843 bacteria amilolíticas, determinando diferencias estadísticamente significativas entre las dos zonas de muestreo, y donde se determinó que la mayor población amilolíticas se presentó en la zona control entre los periodos de abril y mayo.

En las poblaciones amilolíticas se presentaron variaciones en el crecimiento microbiano debido a que estas bacterias no degradaron en su totalidad el plaguicida o no generaron resistencia ante la aparición de éste una vez aplicado la recuperación de estas poblaciones se presenta transcurrido aproximadamente 12 a 13 días después de una aplicación del Malatión.

Figura 16: Recuento de Bacterias Amilolíticas.



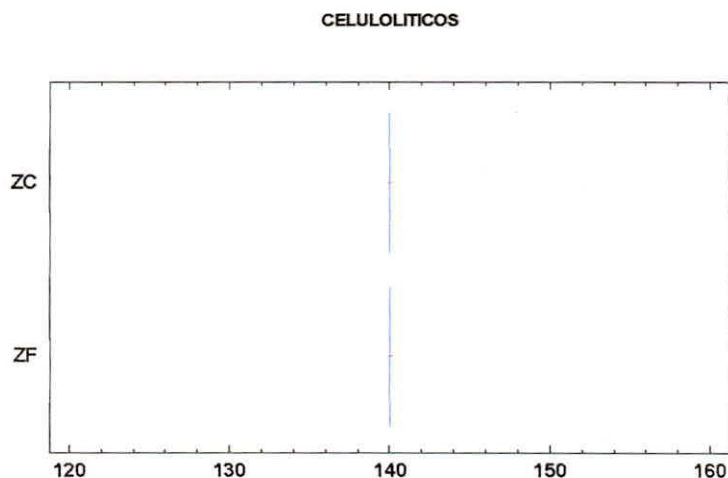
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada. En el gráfico se observa que existen diferencias significativas, debido a que no se presenta un solapamiento de los gráficos de caja de color verde, como tampoco de las desviaciones estándar representadas en el gráfico por las líneas que sobresalen de la grafica de de caja.

11.1.12 Determinación de Bacterias Celulolíticas

La celulosa es un componente esencial para la supervivencia de determinadas bacterias y microorganismos, ya que es el componente básico de los vegetales. En los resultados de esta investigación se encontró que la aplicación del plaguicida Malatión no genera cambio en la comunidad, por ser esta posiblemente muy resistente o por disponer de alto contenido de celulosa debido a la presencia de gramíneas, restos vegetales lo que le permite a esta población de microorganismos mantener su metabolismo al no ser la celulosa un factor limitante.

En la figura 16 se muestra el gráfico donde se consigna el promedio de los resultados de tres repeticiones de las poblaciones bacterianas Celulolíticas, que se determinaron después de haberse recolectado las muestras de suelo de la zona control y zona fumigada, en ella se observa que no hay diferencias significativas entre los periodos de muestreo, de acuerdo al análisis estadístico (Anexo1.6).

Figura 17: Recuento de Bacterias Celulolíticas.



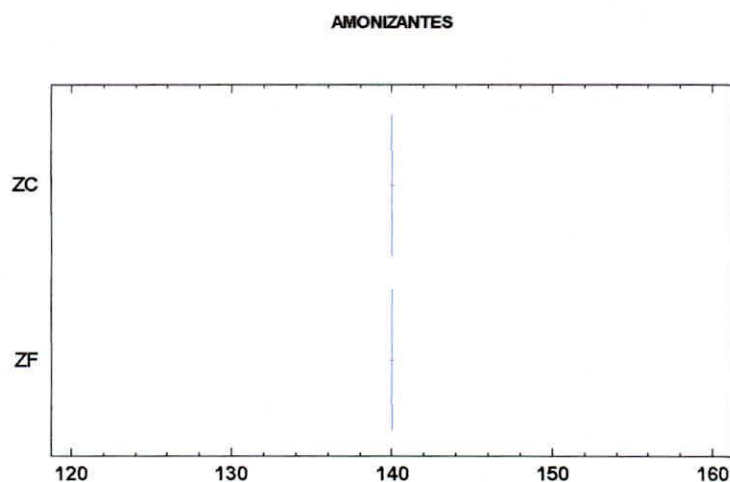
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que no existe incremento en las Bacterias Celulolíticas de la zona control respecto a la zona fumigada, debido a que existe un solapamiento de la desviación estándar.

11.1.13 Determinación de Bacterias Amonizantes

El amonio es utilizado por los hongos y microorganismos para fijar nitrógeno atmosférico junto a bacterias solubilizadoras de fosfato, que favorecen el proceso de la celulosis y con la aplicación de nitratos, amonio, urea y estiércol elevan la velocidad de la descomposición.

Los valores promedios obtenidos no presentan diferencias significativas y son muy similares en las dos zonas analizadas (Figura 17), de esta manera los altos valores encontrados en la zona control y zona fumigada posiblemente obedece a que la aplicación del Plaguicida Malatión no genere cambios en el metabolismo (ciclo del nitrógeno) de degradación y/o formación de compuestos nitrogenados por lo que el nitrógeno estaría disponible para este tipo de bacterias.

Figura 18: Recuento de Bacterias Amonizantes.



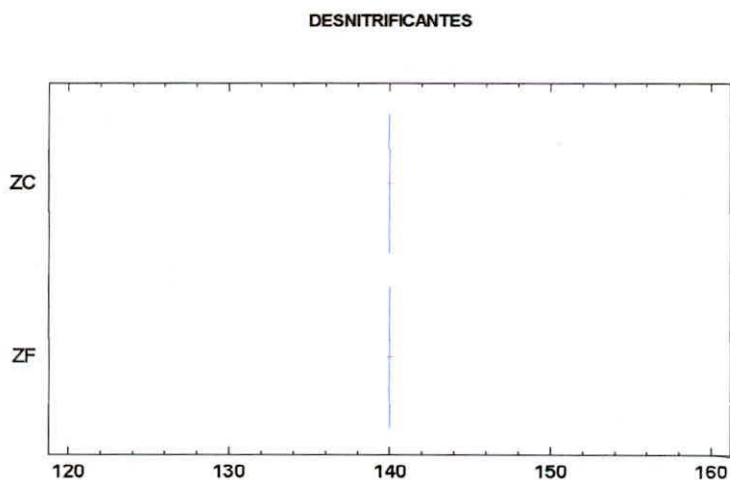
ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que no existe incremento en las Bacterias Amonizantes de la zona control respecto a la zona fumigada, debido a que existe un solapamiento de la desviación estándar.

11.1.14 Determinación de Bacterias Desnitrificantes

La desnitrificación localizada en los suelos consiste en la reducción anaeróbica del Nitrato a compuestos volátiles como N_2 , N_2O y NO , la cual es producida por bacterias que respiran y solamente pueden crecer anaeróbicamente en presencia de nitrato.

La Figura 18, muestra la variación de las bacterias Desnitrificantes que en cada una de las zonas de muestreo (anova multifactorial). Estos valores se encuentran en un rango aceptable y normal para el suelo. En general los promedios obtenidos son similares a los presentados en los demás análisis de recuento de bacterias, aunque se debe tener en cuenta que al momento de aplicar el plaguicida órgano fosforado Malathión la población bacteriana allí presente no se vio afectada por este, ya que tienen la capacidad de ir degradando el plaguicida poco a poco hasta que estas bacterias puedan absorberlo y así utilizarlo en su metabolismo.

Figura 19: Recuento de Bacterias Desnitrificantes



ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada, se observa en el gráfico que no existe incremento en las Bacterias Desnitrificantes de la zona control respecto a la zona fumigada, debido a que existe un solapamiento de la desviación estándar.

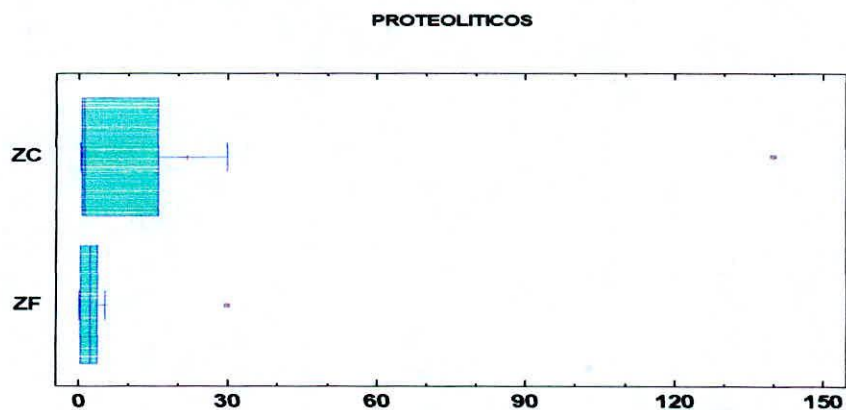
11.1.15 Determinación de Bacterias Proteolíticas

Las proteasas son excretadas por los microorganismos produciendo aminoácidos y oligopéptidos al hidrolizar de las uniones peptídicas. La degradación de proteínas en el suelo va seguida de la formación de amonio por la posterior descomposición de los aminoácidos; ya que las proteínas de los organismos muertos son descompuestas por un gran número de hongos y bacterias (Carrillo, 2003). Los proteolíticos medidos en estas zonas de muestreo, arrojaron resultados que marcaron una diferencia significativa ante la degradación de proteínas por los hongos y bacterias presentes en el suelo, donde los valores más altos se registraron en la zona control en el periodo de Mayo, con promedios de 140,0 y 30,0 Número de Microbios.

En la Figura 19, se muestra el gráfico donde se consigna el promedio de tres repeticiones de las poblaciones bacterianas proteolíticas determinadas en la zona control y zona fumigada, podemos observar que el NMP de la población proteolítica en la zona control fue de 9.564 bacterias, en la zona donde se aplicó el plaguicida órgano fosforado Malatión presentó un promedio de 5.853 bacterias proteolíticas, lo cual determinó una diferencia significativa entre las zonas donde se llevó a cabo el desarrollo de la investigación, lo cual nos indica que una vez más que el plaguicida Malatión genera cambios en esta comunidad, sin embargo existen comunidades de microorganismo como el grupo de Amonizantes, Desnitrificantes Celulolíticos que son resistentes a este tipo de químicos y/o produce un alteración de los componentes del suelo, es decir, genera compuestos con un mayor peso molecular o compuestos polipeptídicos resistentes a la degradación de estas comunidades por lo que su densidad poblacional se ve disminuida o afectada.

En lo que se refiere a las poblaciones proteolíticas se presentaron variaciones en el crecimiento microbiano debido a que estas bacterias no degradaron en su totalidad el plaguicida o no generaron resistencia ante la aparición de éste una vez aplicado la recuperación de estas poblaciones se presenta transcurrido aproximadamente 12 a 13 días después de una aplicación del Malatión.

Figura 20: Recuento de Bacterias Proteolíticas

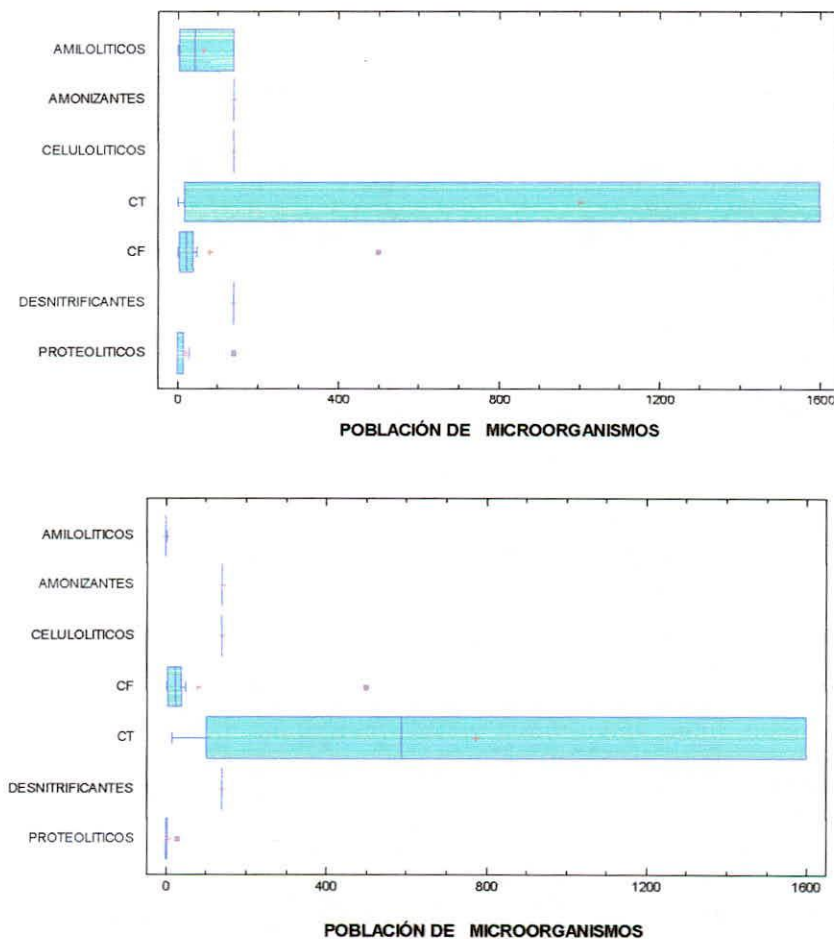


ZC: Zona Control, ZF: Zona Fumigada. En el gráfico se observa que existen diferencias significativas, debido a que no se presenta un solapamiento de los gráficos de caja de color verde, como tampoco de las desviaciones estándar representadas en el gráfico por las líneas que sobresalen de la gráfica de la caja.

11.2 Relación entre los Parámetros Fisicoquímicos y la Población Bacteriana del Suelo.

En la Figura 20 se muestran los valores para la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las muestras de suelo, donde se observa que la zona fumigada presentó una correlación significativa con respecto a los valores obtenidos de pH y conductividad donde se observa que los parámetros mencionados anteriormente juegan un papel importante en la descomposición de plaguicidas permitiendo la metabolización antes de llegar a horizontes de suelos más profundos o aguas subterráneas donde los procesos de degradación son más lentos (Bozzo, 2010).

Figura 21: Relación Parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos



12. CONCLUSIONES

En el desarrollo de la investigación se observó que la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión genera y/o altera las condiciones de pH desde una primera aplicación, siendo este mayor en la zona fumigada, lo que se debe posiblemente que al depositarse en el suelo se descompone en compuestos fosfatados, los cuales se asocian con elementos como el calcio formando compuestos fosfatos tricalcicos que elevan el pH a condiciones de basicidad.

La materia orgánica, la CIC, Acidez intercambiable y conductividad son propiedades que no experimentaron cambios apreciables después de la aplicación del plaguicida organofosforado Malatión; sin embargo las alteraciones presentadas en el pH posiblemente induzcan a cambios en los parámetros mencionados en un tiempo mayor al desarrollado en esta investigación.

La humedad del suelo en esta investigación no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la zona Control y Fumigada en los periodos de muestreo; sin embargo se observaron ligeros aumento de la humedad hacia el mes de mayo debido a precipitaciones esporádicas registradas en dicho mes.

La textura del suelo en el desarrollo de esta investigación no es alterada por la aplicación del Malatión, ya que esta es componente físico del suelo que no se ve afectado por precipitaciones o componentes líquidos o en este caso por la aplicación del plaguicida órgano fosforado Malatión que fue aplicado en forma líquida, la textura del suelo se podría ver alterada si se aplican sustancias sólidas (suelo de otros sitios o lugares).

La acidez durante el desarrollo de la investigación no presentó alteraciones estadísticamente significativas entre la zona fumigada y la zona control; por los rangos de pH mayores de 6.61 no era necesario su determinación, sin embargo se realizó para observar que tanto se ve afectada por la aplicación del malatión.

La aplicación del plaguicida organofosforado Malatión genera cambios en la estructura de las Comunidades microbianas, ocasionando un descenso de la densidad poblacional bacteriana, especialmente las Bacterias Amilolíticas en 99.03% , Proteolíticas en 98.04% y los coliformes totales 21.46% y fecales 33.85%, debido posiblemente a que este tipo de bacteria realiza su metabolismo a partir de compuestos fosfatados disponibles y al parecer el plaguicida Malatión induce a formas fosfatadas insolubles tricalcicos siendo el fósforo en esta forma insolubles no asimilables y que sólo las formas asimilables corresponden a fósforo monobásicos y dibásicos.

Las poblaciones bacterianas Amonizantes, Desnitrificantes y Celulolíticos no presentaron alteraciones en la densidad entre las zona control y zona fumigada, lo que posiblemente se debe a que el plaguicida no altera el ciclo del nitrógeno, así mismo sucede a las comunidades Celulolíticos las cuales tienen suficiente materia prima a partir de la celulosa, la cual no es considerada factor limitante en la zona de estudio.

Las poblaciones fúngicas (hongos) no presentaron variaciones en su densidad poblacional, posiblemente por su capacidad de resistir altas temperaturas y cambios bruscos en el estado del suelo como la aplicación de plaguicidas y fertilizantes, debido a que tienen la capacidad de degradarlo, y seguir realizando sus funciones fisiológicas.

Los tiempos de renovación de las comunidades bacterianas afectadas (Amilolíticos y Proteolíticos) se realizan en un tiempo aproximado de 10 a 12 días en que posiblemente cesen los efectos del plaguicida Malatión o se genere una total degradación del mismo.

13. RECOMENDACIONES Y FUTUROS TRABAJOS

Realizar una modelación donde se monitoreen las variables fisicoquímicas y microbiológicas que implican importancia en la salud y calidad del suelo, para establecer los impactos que podrían causar al suelo y al entorno en general.

Realizar monitoreos y estudios en lugares donde se aplique el plaguicida órgano fosforado Malatión para la obtención de mejores resultados y así conocer los impactos que este genera al suelo al momento de realizar la aspersión.

Adelantar estudios encaminados a establecer los tiempos exactos de recuperación de las comunidades microbianas después de la aplicación del Malatión.

Determinar los procesos de biocenosis de las comunidades microbianas sobre suelos fumigados con Malatión.

Establecer que tipo de comunidades microbianas fúngicas y/o bacterianas son las que mejor toleran y degradan el malation como medida de biorremediación en suelos contaminados.

Se considera necesario que haya un seguimiento de las normas de bioseguridad para la aplicación de plaguicidas, con el objetivo de minimizar los impactos negativos que este pueda llegar a causar por una inadecuada utilización de la norma.

Es importante llevar a cabo propuestas de actuación en lo que respecta al uso de plaguicidas, para así iniciar un proceso hacia una gestión sostenible para el uso, salud y calidad ambiental del suelo.

Sería necesario una norma o decreto más estricto, la cual garantice un mejor uso de plaguicidas y una mayor protección y un uso sostenible del suelo.

14. BIBLIOGRAFÍA

- **Bucanam, O.** 2002 Naturaleza y Propiedades del Suelo. México, Editorial Hispano América.
- **Bozzo, M.** 2010 Persistencia del Glifosato y Efecto de Sucesivas Aplicaciones en el Cultivo de Soja en Agricultura Continua en Siembra Directa Sobre Parámetros Biológicos del Suelo, trabajo de grado, 135pp.
- **Canchano, N.** 1998. Uso y Manejo de Suelos. Santa Marta. Universidad del Magdalena. 23pp. Libro y editorial.
- **Carrillo, L.** 2003 Microbiología Agrícola, Capítulo 3. 28pp
- **Cepeda, J.** 1991. Química de Suelos. Editorial Trillas. Reimpresión 2002 167pp
- **Cepeda, L & Valencia S,** 2007. Aislamiento de Bacterias Lipolíticas y Determinación de Patógenos Humanos *Escherichia Coli* y *Salmonella sp.* A Partir de Residuos Orgánicos Domiciliarios en Compostaje, Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 105pp.
- **Corporación Autónoma Regional del Magdalena.** 2008 características de los Suelos de Santa Marta. Coopamag, Santa Marta 75pp.
- **Dousset V,** (1995). Lysolecithin-induced demyelination in primates: preliminary in vivo study with MR and magnetization transfer. *AJNR Am J Neuroradiol* 16: 225 ± 231.
- **Enríquez, A.** 2001. Evaluación del riesgo ambiental a la liberación de plaguicidas, 88pp.
- **Garavito, F.** 1999, Propiedades Químicas del Suelo, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 2ª edición Bogotá D.C. 210pp
- **Garrido, T.** 1998, Análisis de la Presencia de Plaguicidas en Diversos Acuíferos de Cataluña. Valencia 7pp.

- **Goolsby DA**, (1997) Herbicides and their metabolites in rainfall: origin, transport, and deposition patterns across the Midwestern and Northeastern United States. *Environ Sci Technol* 31:1325–1333.
- **Guillermo Lara**, 2004 plaguicidas en la biodiversidad del suelo: su comportamiento como contaminante, (www.biociencias.org/odisea/plaguicidas/)
- **Koskinen, W.C. And S. A. Clay**. 1997. Factors affecting atrazine fate in North central U.S. soils. *Rev. Environ. Contam. Toxicol*, 151:117-165.
- **Luna J**. 2010 Manual de Prácticas de Microbiología, Universidad del Magdalena, Santa Marta - Magdalena. 14pp.
- **Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)** 2006 Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. Bogotá D.C. 648 pp.
- **Mijangos, A & Ramírez A**. 2000, Efectos Nocivos Provocados Por el Uso de Plaguicidas en la Fauna Silvestre de México y sus Consecuencias Ecológicas. México D.F. 4pp
- **Montenegro, R**. 2001 Informe Sobre Los Riesgos Sanitario y Ambientales del Malathión. Argentina. 77pp
- **Olivera, S y Rodríguez D**. Pesticidas, Salud y Ambiente. Consultado el 12 de enero de 2011 en: www.iibce.edu.uy.
- **Ortiz, I. Sanz, J. Dorado, M & Villar, S**. 2008, Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados. Informe de Vigilancia Tecnológica. Madrid, España. 109pp.
- **Pinheiro, S**. 2000. Universidad Nacional de la Plata. Comunicación personal, 2 p.
- **Rebagliato, I. Ruiz, M**. 2004. Metodología de la Investigación e epidemiológica, 45pp.
- **Sánchez M & Sánchez C**. 1984 Los Plaguicidas Adsorción y Evolución del Suelo Instituto de Recursos Naturales y Microbiológico.

- **Seoáñez, M.** 1999. Contaminación del suelo estudio, tratamiento y gestión. Madrid, Mundi Prensa. 352pp.
- **Sonon L. S. Y A. P. Schwab.** 1995. Adsorption characteristics of atrazine and alachlor in Kansas soils, Weed Sci., 43:461-466.
- **Sparling, G.; Draten, R.; Aislabie, J. Fraser R.** 2001. Atrazine mineralisation in New Zealand topsoils and subsoils: Influence of edaphic factors and numbers of atrazine-degrading microbes Soil Biol. Biochem., 33:2105-2114.

15. ANEXOS

ANEXO 1: Análisis Estadístico

Anexo 1.1 Resumen Estadístico para pH

Zona Control

AC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
6,61 - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
6,64 - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
6,72 - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
6,74 - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
6,83 - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
6,85 - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
6,91 - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
6,93 - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

ZF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
6,92 - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
7,63 - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
7,86 - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
7,89 - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
7,91 - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
7,93 - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
7,96 - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
7,98 - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 1.2 Resumen Estadístico para Acidez Intercambiable

Zona Control

ZC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
0,0197 - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
0,02004 - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
0,02967 - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
0,04005 - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
0,04011 - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
0,04014 - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
0,04333 - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
0,04353 - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

ZF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
0,01071 - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
0,01253 - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
0,0126 - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
0,01948 - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
0,02003 - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
0,02538 - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
0,04196 - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
0,0589 - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 1.3 Resumen Estadístico para Materia Orgánica.

Zona Control

ZC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
4,096 - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
6,252 - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
4,144 - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
6,132 - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
4,072 - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
4,096 - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
4,536 - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
4,58 - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

AF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
4,076 - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
4,136 - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
4,112 - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
6,15 - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
6,144 - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
4,144 - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
4,524 - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
4,568 - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 1.4 Resumen Estadístico para CIC

Zona Control

AC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
8,192 - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
6,252 - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
8,288 - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
6,132 - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
6,108 - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
6,144 - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
6,804 - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
9,16 - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

AF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
0,012532 - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
0,032142 - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
0,037794 - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
0,041956 - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
0,050764 - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
0,05892 - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
0,097 - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
0,10016 - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0



Anexo 1.5 Resumen Estadístico para Conductividad

Zona Control

ZC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
21,5 - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
41,5 - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
56,6 - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
59,6 - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
61,2 - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
62,2 - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
62,4 - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
66,4 - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

ZF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
22,7 - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
40,8 - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
49,4 - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
49,4 - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
49,9 - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
50,4 - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
54,3 - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
55,9 - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 1.6 Resumen Estadístico para Humedad

Zona Control

ZC	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
10,22% - 06 Mayo	7	88,2	140,0	65,3586	0,4	140,0	139,6
10,24% - 08 Abril	7	72,2857	50,0	65,3751	2,0	140,0	138,0
10,24% - 21 Mayo	7	289,586	140,0	581,923	0,6	1600,0	1599,4
10,34% - 09 Mayo	7	312,086	140,0	571,132	1,6	1600,0	1598,4
10,36% - 24 Abril	7	366,714	140,0	567,079	2,0	1600,0	1598,0
10,42% - 21 Abril	7	65,1714	30,0	70,6936	0,7	140,0	139,3
11,34% - 23 Mayo	7	315,571	140,0	569,114	4,0	1600,0	1596,0
11,45% - 06 Junio	7	309,529	140,0	572,681	0,7	1600,0	1599,3
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

ZF	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
10,19% - 08 Abril	7	196,571	140,0	316,448	2,0	900,0	898,0
10,24% - 09 Mayo	7	107,614	140,0	97,9483	0,3	280,0	279,7
10,25% - 06 Mayo	7	292,029	140,0	580,569	0,6	1600,0	1599,4
10,28% - 24 Abril	7	136,814	140,0	172,665	0,7	500,0	499,3
10,34% - 21 Abril	7	66,9143	30,0	69,0985	0,3	140,0	139,7
10,36% - 21 Mayo	7	84,6143	140,0	79,1486	0	170,0	170,0
11,31% - 23 Mayo	7	289,757	140,0	581,824	0,3	1600,0	1599,7
11,42% - 06 Junio	7	289,529	140,0	581,958	0	1600,0	1600,0
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 1.7 Resumen Estadístico Para Microorganismos

Zona Control

PARÁMETROS	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
AMILOLITICOS	8	65,25	45,0	64,185	3,5	140,0	136,5
AMONIZANTES	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
CELULOLITICOS	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
CT	8	1004,75	1600,0	821,582	2,0	1600,0	1598,0
CF	8	79,75	23,0	170,559	2,0	500,0	498,0
DESNITRIFICANTES	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
PROTEOLITICOS	8	22,0	1,15	48,7502	0,4	140,0	139,6
Total	56	227,393	140,0	441,359	0,4	1600,0	1599,6

Zona Fumigada

PARAMETROS	Recuento	Promedio	Mediana	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
AMILOLITICOS	8	0,625	0,45	0,667083	0	2,0	2,0
AMONIZANTES	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
CELULOLITICOS	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
CF	8	79,75	23,0	170,559	2,0	500,0	498,0
CT	8	775,0	590,0	736,175	17,0	1600,0	1583,0
DESNITRIFICANTES	8	140,0	140,0	0	140,0	140,0	0
PROTEOLITICOS	8	5,4875	2,35	10,0579	0,3	30,0	29,7
Total	56	182,98	140,0	368,031	0	1600,0	1600,0

Anexo 2. Tablas de Datos de las Variables Fisicoquímicas y Microbiológicas del Suelo.

Anexo 2.1 Datos de pH, Conductividad, CIC, MO, Acidez.

PARAMETROS						
FECHA	ZONAS	pH	Conductividad	CIC	MO	Acidez
8-Abril de 2011	ZC	6,83	56,6	8,192	1, 680	4,096
	ZF	7,96	55,9	6,114	2,017	4,076
21-Abril de 2011	ZC	6,91	21,5	6,252	2,017	6,252
	ZF	7,63	22,7	6,204	2,689	4,136
24-Abril de 2011	ZC	6,61	41,5	8,288	2,689	4,144
	ZF	7,93	40,8	8,224	1,008	4,112
6-Mayo de 2011	ZC	6,74	66,4	6,132	2,353	6,132
	ZF	7,86	54,3	6,15	1,680	6,15
9-Mayo de 2011	ZC	6,64	59,6	6,108	2,017	4,072
	ZF	7,91	50,4	6,144	1,344	6,144
21-Mayo de 2011	ZC	6,93	62,2	6,144	2,689	4,096
	ZF	7,98	49,4	6,216	1,344	4,144
23-Mayo de 2011	ZC	6,85	61,2	6,804	2,017	4,536
	ZF	7,89	49,4	6,786	1,680	4,524
6-Junio de 2011	ZC	6,72	62,4	9,16	2,017	4,58
	ZF	6,92	49,9	9,136	2,017	4,568

ZC= Zona Control ZF=Zona Fumigada

Anexo 2.2 Datos de Coliformes Fecales y Totales

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES Y TOTALES						
FECHA	ZONA	BRILA	EC	ZONA	BRILA	EC
8 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=1$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=0$
		$10^{-2}=2$	$10^{-2}=0$		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=0$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=0$		$10^{-3}=3$	$10^{-3}=0$
21 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=0$	Zona Fumigada	$10^{-1}=4$	$10^{-1}=0$
		$10^{-2}=1$	$10^{-2}=0$		$10^{-2}=1$	$10^{-2}=0$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=0$		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=0$
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=5$	Zona Fumigada	$10^{-1}=4$	$10^{-1}=5$
		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=5$		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=5$
		$10^{-3}=2$	$10^{-3}=5$		$10^{-3}=4$	$10^{-3}=4$
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=4$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=5$
		$10^{-2}=0$	$10^{-2}=4$		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=5$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=0$		$10^{-3}=4$	$10^{-3}=4$
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=5$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=4$
		$10^{-2}=0$	$10^{-2}=5$		$10^{-2}=3$	$10^{-2}=5$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=5$		$10^{-3}=2$	$10^{-3}=3$
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1}=0$	$10^{-1}=5$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=4$
		$10^{-2}=0$	$10^{-2}=5$		$10^{-2}=3$	$10^{-2}=4$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=4$		$10^{-3}=2$	$10^{-3}=2$
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1}=0$	$10^{-1}=5$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=4$
		$10^{-2}=2$	$10^{-2}=5$		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=4$
		$10^{-3}=0$	$10^{-3}=4$		$10^{-3}=5$	$10^{-3}=4$
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1}=1$	$10^{-1}=5$	Zona Fumigada	$10^{-1}=5$	$10^{-1}=5$
		$10^{-2}=1$	$10^{-2}=5$		$10^{-2}=5$	$10^{-2}=5$
		$10^{-3}=1$	$10^{-3}=5$		$10^{-3}=4$	$10^{-3}=1$

Anexo 2.3 Datos de Amilolíticos.

DETERMINACIÓN AMILOLÍTICOS						
FECHA	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS
8 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 0\ 1\ 1$	4,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 1\ 1\ 0$	2
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 1\ 0\ 1$	
		$10^{-3} = 0\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 0$	
21 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 0$	3,5	Zona Fumigada	$10^{-1} = 1\ 0\ 0$	1,1
		$10^{-2} = 0\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 1$	
		$10^{-3} = 0\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 1$	
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 1$	45,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 1\ 0\ 0$	0,7
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 1\ 0\ 0$	
		$10^{-3} = 0\ 1\ 0$			$10^{-3} = 0\ 0\ 0$	
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 1$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 0\ 0\ 0$	0,6
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 0$	
		$10^{-3} = 1\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 1$	
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 1$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 0\ 0\ 0$	0 3
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 1$	
		$10^{-3} = 1\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 0$	
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 0$	4,50	Zona Fumigada	$10^{-1} = 0\ 0\ 0$	0
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 0$	
		$10^{-3} = 1\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 0$	
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 1$	45,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 0\ 0\ 0$	0,3
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 0$	
		$10^{-3} = 1\ 0\ 0$			$10^{-3} = 0\ 0\ 1$	
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 1\ 1\ 1$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 0\ 0\ 0$	0
		$10^{-2} = 1\ 1\ 1$			$10^{-2} = 0\ 0\ 0$	
		$10^{-3} = 1\ 1\ 1$			$10^{-3} = 0\ 0\ 0$	

Anexo 2.4 Datos de Celulolíticos

DETERMINACIÓN CELULOLITICOS						
FECHA	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS
8 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	

Anexo 2.5 Datos de Amonizantes

DETERMINACIÓN AMONIZANTES						
FECHA	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS
8 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	

Anexo 2.6 Datos de Desnitrificantes

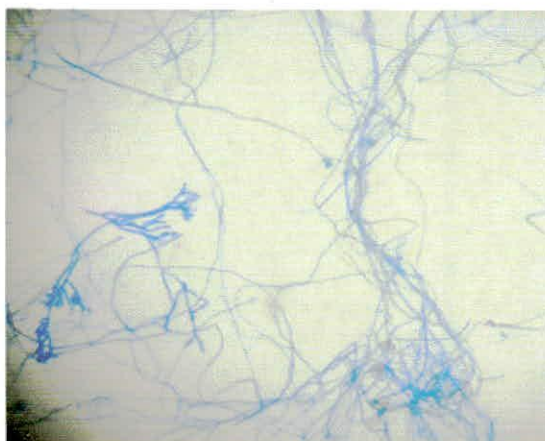
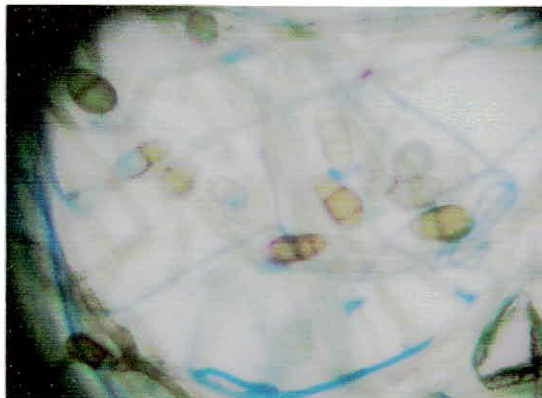
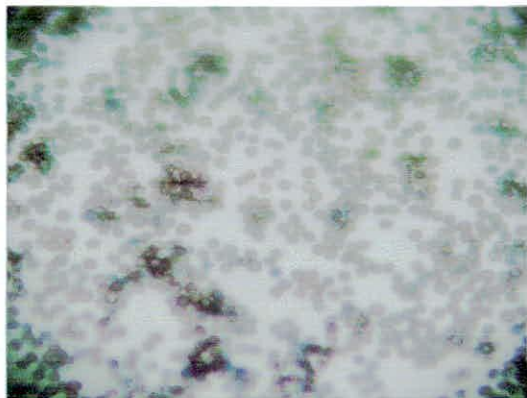
DETERMINACIÓN DESNITRIFICANTES						
FECHA	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS
8 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Abril – 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 111$	140,0
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 111$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 111$	

Anexo 2.7 Datos de Proteolíticos

DETERMINACIÓN PROTEOLITICOS						
FECHA	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS	ZONA	NÚMERO DE COMBINACIONES	NÚMERO DE MICROBIOS
8 de Abril - 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	30,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 010$	0,7
		$10^{-2} = 101$			$10^{-2} = 010$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 000$	
21 de Abril - 2011	Zona Control	$10^{-1} = 220$	2,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 010$	0,4
		$10^{-2} = 101$			$10^{-2} = 000$	
		$10^{-3} = 101$			$10^{-3} = 000$	
24 de Abril de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 001$	1,6	Zona Fumigada	$10^{-1} = 000$	0,6
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 101$	
		$10^{-3} = 000$			$10^{-3} = 000$	
6 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	140	Zona Fumigada	$10^{-1} = 001$	0,7
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 001$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 000$	
9 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 110$	4,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 000$	0,3
		$10^{-2} = 101$			$10^{-2} = 000$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 001$	
21 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 110$	4,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 000$	0,6
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 010$	
		$10^{-3} = 110$			$10^{-3} = 010$	
24 de Mayo de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 111$	30,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 001$	0,3
		$10^{-2} = 101$			$10^{-2} = 001$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 000$	
6 de Junio de 2011	Zona Control	$10^{-1} = 101$	4,0	Zona Fumigada	$10^{-1} = 001$	0,7
		$10^{-2} = 111$			$10^{-2} = 000$	
		$10^{-3} = 111$			$10^{-3} = 010$	

ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Anexo 3.1 Registro de hongos y bacterias encontradas en las muestras de suelo y análisis se las muestras.



Anexo 3.2 Aplicación del Plaguicida.



Anexo 3.3 Afectación a la Flora

